

**Vergleichende Kohlensäure-
und Luftfeuchtheitsmessungen
in Rinderstallungen des Kreises Miesbach**

Kurt Voit

Aus dem Tierhygienischen Institut der Universität München
Vorstand: Prof. Dr. A. M e y n

Vergleichende Kohlensäure- und Luftfeuchtigkeitsmessungen
in Rinderstallungen des Kreises Miesbach

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der veterinärmedizinischen Doktorwürde der
Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
München



von
Kurt Voit
Tierarzt
aus
Fischbachau

München 1957

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Professor Dr. H. L i e b m a n n

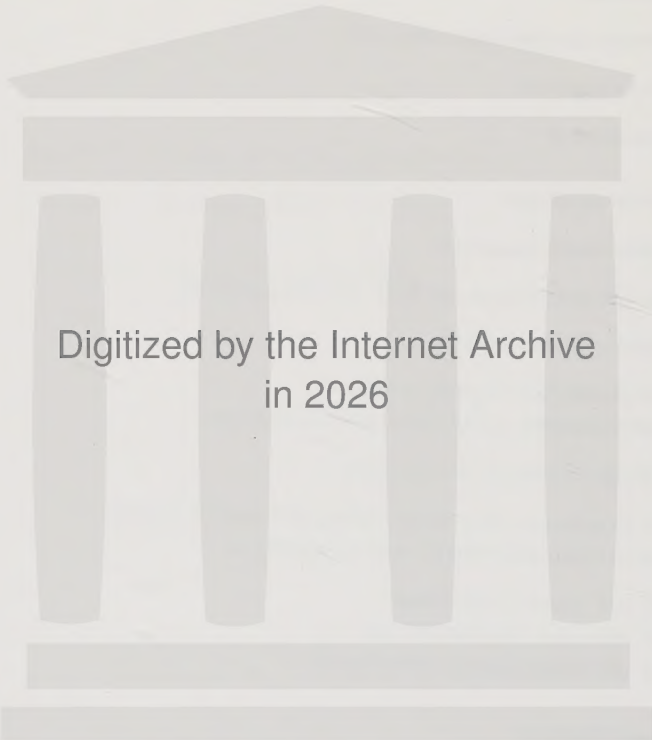
Referent: Professor Dr. A. M e y n

Tag der Promótion: 24. Juli 1957

Inhaltsverzeichnis

Seite:

Einleitung	1
I. Die Luft und ihr Einfluß auf Mensch und Tier	2
I. Allgemeines	2
II. Gasförmige Bestandteile der Luft	2
III. Luftfeuchtigkeit	7
IV. Lufttemperatur	8
II. Eigene Untersuchungen	10
I. Das Untersuchungsgebiet	10
II. Klima und Wetterlage zur Zeit der Untersuchung	10
III. Methodik und Meßtechnik	24
1. Vergleichende CO ₂ -Messungen	24
2. Vergleichende Luftfeuchtheitsmessungen	30
IV. Stallhygienische Untersuchungen	34
1. in Stallungen ohne künstliche Lüftungseinrichtung	40
2. in Ställen mit künstlicher Ventilation	42
a) mit einem Dunstschacht	42
b) mit zwei Dunstschächten	45
c) mit kombinierter Ventilation	47
V. Zusammenfassung	49
Literaturverzeichnis	51
Lebenslauf	55



Digitized by the Internet Archive
in 2026

E i n l e i t u n g

Die Domestikation, die der Mensch den freilebenden Tieren auferlegt hat, ließ sie mehr und mehr ihre ursprüngliche und natürliche Lebensweise einbüßen. Der steigende Bedarf an tierischen Lebensmitteln, bedingt durch das enorme Anwachsen der Erdbevölkerung und die damit verbundene Steigerung der Leistung unserer Haustiere, hat ihnen eine grundlegende Veränderung aller Lebensbedingungen und sogar ihres ursprünglichen Aussehens eingebracht. Nachdem Pettenkofer die wissenschaftliche allgemeine Hygiene begründet und dabei Untersuchungen über Luftwechsel, Wasserversorgung und Kanalisation anstellte, folgten laufend in vermehrtem Maße wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiet der Hygiene und Umwelteinflüsse. Um die Mitte des 19. Jahrhunderts begann man nun in Deutschland der Unterbringung, Fütterung, Haltung und Pflege größere Bedeutung beizumessen. Die Veterinärhygiene und im besonderen die Stallhygiene trat mehr in den Vordergrund.

Mir wurde von Prof. Dr. A. M e y n, Leiter des Tierhygienischen Instituts, die Aufgabe gestellt, in Rinderstallungen des Kreises Miesbach, Untersuchungen der Stallluft auf Kohlensäure und Feuchtigkeitsgehalt, mit Berücksichtigung der allgemeinen Stallhaltung, durchzuführen. Ausserdem sollte ich im Rahmen dieser Untersuchungen das Dräger'sche Gasspürgerät für die Kohlensäurebestimmung auf seine Brauchbarkeit in der Veterinärhygiene prüfen.

A. Die Luft und ihre Einflüsse auf Mensch und Tier

I. Allgemeines

Seit Urzeiten hat man der Atmosphäre größte Bedeutung für die Gesundheit zugeschrieben. Viele Seuchen und Krankheiten wurden auf die Luft und ihre schädlichen Beimengungen bezogen. Auch die miasmatische Theorie von Hippokrates und Galen stützte sich auf die Behauptung, daß Krankheiten bei Tier und Mensch durch schädigende Beimengungen der Luft entstehen. Heute haben wir erkannt, daß verunreinigte Luft die Krankheitsentstehung begünstigt und mitunter Krankheitserreger enthalten kann.

Die Luft dient nicht nur der Atmung, indem der Sauerstoff der Luft entnommen wird, sondern sie spielt auch im Wärmehaushalt des Körpers eine große Rolle. Die chemischen Zusammensetzungen der Luft und ihre physikalischen Eigenschaften beeinflussen das Wohlbefinden ganz erheblich.

II. Die gasförmigen Bestandteile der Luft

Die atmosphärische Luft an der Erdoberfläche behält in ihren unteren Schichten, infolge von ständig stattfindenden Durchmischungsvorgängen eine fast gleichbleibende Zusammensetzung. Die trockene, staubfreie Luft enthält in Volumenprozenten:

Stickstoff	78,03 %
Sauerstoff	20,99 %
Kohlensäure	0,03 %
Argon	0,94 %

Ferner in geringen Mengen Neon, Helium, Krypton, Xenon und Wasserstoff. Ausserdem in veränderlichen Spuren Ozon, Wasserstoffsuperoxyd, Amoniak, salpetrige Säure und Salpetersäure. Andere Gase wie Chlor, Jod, Schwefelwasserstoff und Kohlenoxyd können örtlich vorkommen, im Freien ist diese Zusammensetzung sehr konstant. Dagegen kann in schlecht besetzten Stallungen und Wohnräumen der Sauerstoffanteil stark sinken und die Kohlensäuremenge erheblich zunehmen. Eine vereinfachte Methode zur quantitativen Bestimmung von Amoniak, Schwefelwasserstoff und Kohlensäure erarbeiteten S ü p f l e und H o f m a n n (24).

N₂ Stickstoff und die Edelgase verhalten sich dem menschlichen und tierischen Körper indifferent. Hygienische Bedeutung dieser Gase besteht lediglich darin, daß sie den Sauerstoff auf eine zur Atmung geeignete Konzentration bringen.

O₂ Sauerstoff ist der wichtigste Bestandteil der Luft. Für die Atmung der tierischen Lebewesen, Bakterien und Pilze wird Sauerstoff gebraucht. In der ausgeatmeten Luft der warmblütigen Tiere sind etwa 16,4 % Sauerstoff enthalten, etwa 4,6 % werden in der Lunge durch die Bindung an Hämoglobin entzogen. Bedrohlicher Sauerstoffmangel tritt dann ein, wenn der Luftraum im Verhältnis zur Anzahl der Tiere zu klein ist und die Zufuhr von Frischluft nicht ausreicht (Transport von Tieren in Güterwagen oder Boxen). Atembeschwerden entstehen bei weniger als 11 % Sauerstoff, unter 7 % besteht akute Lebensgefahr. Eine Kerze erlischt bei 14 - 15 % Sauerstoff.

CO₂ Kohlensäure: Die Luft im Freien enthält im Durchschnitt 0,03 %. Nach Müller (15) hat dieser scheinbar geringe Anteil ein Gewicht von 2000 Millionen kg. Verbrauch und Wiederherstellung von Kohlensäure halten sich im wesentlichen das Gleichgewicht. Verbraucht wird Kohlensäure als Urquell alles pflanzlichen und daher tierischen Kohlenstoffs (Liebig 15). Chlorophyll assimiliert im Licht $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ zu $(\text{CH}_2\text{O})_x$ und O_2 , wobei Stärke und Holz entstehen (Dumas 15). Nach Müller (15) werden jährlich 60 Billionen kg Kohlensäure gebunden, und ohne Wiedererzeugung wäre in 30 Jahren die Luftkohlensäure erschöpft. Die Wiederherstellung der Kohlensäure erfolgt vornehmlich durch Bakterien und Pilze, besonders durch Zellulose-Vergärer im Boden.

Als Klimafaktor hat die Kohlensäure eine große Bedeutung, da sie ähnlich dem Wasserdampf Wärmestrahlen absorbiert und so die von der Erde zurückgestrahlte Wärme bis zu 9/10 in den unteren Luftschichten festhält (Glashaustheorie). Gänzlich Fehlen von Kohlensäure würde die mittleren Jahrestemperaturen um 20° C senken und die Erde in Vereisung überführen. (Müller (15), Rollé (20), Roots (21), Traub (28)).

Das Endprodukt der Oxydation im Organismus ist die Kohlensäure, sie wird laufend bei der Atmung ausgeschieden. So scheidet ein erwachsener Mensch in der Ruhe etwa 20 l, ein Pferd oder Rind 100 - 150 l Kohlensäure in der Stunde aus. In der Bewegung scheidet z.B. ein Pferd über 200 l und bei schwerer Arbeit sogar über 1000 l Kohlensäure aus (Rollé 20). Die Kohlensäureausscheidung wird gewöhnlich pro kg Körpergewicht gerechnet.

Die stündlich ausgeschiedene Kohlensäuremenge beträgt bei unseren landwirtschaftlichen Nutztieren etwa 300 ccm pro kg Körpergewicht.

Pro Stunde und Lebendgewicht scheidet aus:

Pferd	300 ccm CO_2
Rind	320 ccm
Schwein	336 ccm
Schaf	341 ccm (R o l l e (20) M i e s n e r

und S c h o o p (14) u.a.).

Eine brennende Stearinkerze produziert stündlich etwa 12 l, eine Petroleumlampe 60 l und eine Gasflamme 100 l Kohlensäure. Die gesundheitliche Bedeutung und die Einwirkung der Kohlensäure auf den Organismus hat man früher stark überschätzt. Nach N u s s h a g (17) ist die schädigende Wirkung auf die Abnahme des Sauerstoffs zurückzuführen. Die Einatmung der Luft bei 2,5 % bis 3 % CO_2 , das wäre etwa 80-100 mal mehr als das Vorkommen in der freien Atmosphäre, verursacht noch keine Beschwerden, man denke an Bergwerke und U-Boote. Erst bei 4 % CO_2 können beim Menschen Ohrensausen, Kopfschmerzen und Schwindelgefühl auftreten. Nach I j i c h i (17) blieben Pferde bei einer Konzentration von 7,8 % CO_2 am Leben, zeigten aber eine schwere Dyspnoe. Bei einem CO_2 Gehalt von 30 % und darüber, wie er in Brunnenschächten, Gärkammern und unterirdischen Räumen vorkommen kann, tritt meist der Tod ein. Auch in diesen Fällen ist ein Absinken des Sauerstoffs unter 7 % die Todesursache.

N u s s h a g (17) sowie R o o t s und H a u p t (21) sehen den Gehalt der Gesamtluft eines Raumes am Kohlendioxyd mit Recht als einen Maßstab der Luftverschlechterung an. Z o r n (30) u.a. sind der Ansicht, daß bei längerem Verweilen in überfüllten und schlecht ventilierten Räumen bei Menschen Kopfschmerzen, Schweißausbruch und Schläfrigkeit entstehen, und daß ebenso bei Tieren, die dauernd in schlecht gelüfteten und schlecht besetzten Ställen verweilen müssen, gesundheitliche Störungen auftreten können, die die Behaglichkeit, Leistungsfähigkeit und Widerstandskraft vermindern. Nach diesen Autoren haben die Störungen entgegen den früheren Ansichten nichts mit dem Sauerstoff und Kohlensäuregehalt zu tun. Die Veränderung des O_2 - und CO_2 -Gehaltes, die durch die Atmung in schlecht ventilierten Räumen entsteht, ist so gering, (CO_2 -Gehalt bleibt stets unter 1 %), daß sie keine Gesundheitsstörungen verursacht. Störungen im allgemeinen Wohlbefinden sind in den meisten Fällen auf die verminderte Wärmeab-

gabe zurückzuführen, die im überfüllten Raum infolge des Anstieges der Luftfeuchte und Wärme eintritt. Die Feuchtigkeit ist in den Stallungen verhältnismäßig groß, da zu der von Wasserdampf gesättigten Ausatemungsluft die Verdunstung des Wassers der Exkremente hinzukommt.

Nach P e t t e n k o f e r (20) wurde der Kohlensäuregehalt der Luft als Maßstab für die Luftverschlechterung angesehen. Er legte ihn auch bei der Berechnung des Lüftungs- und Raumbedarfs zugrunde. In menschlichen Wohnungen soll nach P e t t e n k o f e r (20) der CO_2 -Gehalt stets unter 0,1 % gehalten werden. Im Stall liegt die oberste Grenze bei 0,3 %. R o l l e (20) empfiehlt, die Kohlensäure in Stallungen unter 0,2 % zu halten.

In belegten Räumen kommt die Kohlensäure nur in kleinen Mengen vor. Obwohl sie in diesem Prozentsatz nicht gesundheitsschädlich ist, wurde sie doch bei allen einschlägigen Autoren als Maßstab für die Lüftungsintensität eines Raumes angesehen. Da die Kohlensäure ein höheres spezifisches Gewicht als die Luft hat (1 l CO_2 wiegt bei 0°C und 760 mm Hg-Druck 1,977 g, 1 l Luft dagegen nur 1,293 g), müßte sie sich hauptsächlich am Boden eines Stalles ansammeln, sie steigt jedoch bedingt durch Luftbewegung und Wärmeausstrahlung zur Decke. R o l l e (20) fand in wiederholten Messungen folgende Resultate:

10 cm über dem Boden	0,1498 %
1 m über dem Boden	0,1618 %
unter der Decke	0,1747 % CO_2

Das weist allgemein gesehen darauf hin, daß verbrauchte Luft von den oberen Schichten eines Raumes abgeleitet werden muß. Als Mittelwerte des Kohlensäuregehaltes sind die Werte 1 m über dem Boden zu betrachten.

Zur Beurteilung der Lüftungsintensität verwendet man den CO_2 -Gehalt eines Raumes. Wieviel cbm Luft die in einem Stall untergebrachten Tiere benötigen, wird nach folgender Formel berechnet:

$$L = \frac{K}{c_2 - c_1}$$

L = stündlich benötigte Luftmenge in cbm, K = von den Tieren stündlich ausgeschiedene Kohlensäuremenge in Litern, c_1 = Kohlensäuregehalt in Litern in einem cbm Aussenluft, c_2 = in cbm Stallluft ermittelte Kohlensäuremenge in Litern. Um den Luftwechsel in einer Stunde zu berechnen, muß man das Er-

gebnis der stündlich zugeführten Luftmenge durch den Rauminhalt des Stalles teilen.

Die CO_2 Bestimmung wird in der Regel mit der Pettenkoferschen-Flaschenmethode durchgeführt (1858). Im Prinzip erfolgt sie so: In eine 5 l große Flasche, gefüllt mit der zu untersuchenden Luft, wird eine abgemessene Menge Baryt-Wasser von bekannter Konzentration gegeben. Nach 10 Minuten langem Schütteln bindet sich die Kohlensäure mit Bariumhydroxyd zum Bariumcarbonat:



Eine bestimmte Menge der geschüttelten Flüssigkeit wird nun abgehebert und mit 2 - 3 Tropfen Phenolphthalein versetzt und anschließend mit Oxalsäure austitriert. B i t t e r (15) verwendete Strontiumhydroxyd $\text{Sr}(\text{OH})_2$ statt Barytlaug. W i e g n e r und D u e r s t (15) haben die Pettenkofer-Methode für Schnelluntersuchungen (1 1/2 Minute) abgeändert. Ein Karbazidometer nach W o l p e r t (15) ist zu ungenau.

In letzter Zeit findet ein Spezialgerät vermehrte Anwendung in der Humanhygiene und da wiederum speziell in der Gewerbehygiene. Es dient zur Prüfung schädlicher Gase, Dämpfe und Staube. Es handelt sich um ein Gas-Spürgerät, das die D r ä g e r w e r k e in L ü b e c k herausbrachten. Es ist ein leichtes, handliches Gerät und dient dem Auffinden und der Konzentrationsbestimmung von Gasen und liefert am Untersuchungsort unmittelbar bei der Probeaufnahme gasanalytische Werte, auch in den Händen des Nichtchemikers. Es besteht aus einer Balgpumpe, die mit einer Hand betätigt wird und einem Prüfröhrchen. Das Dräger-Gas-Spürgerät eignet sich besonders zur Kontrolle der maximalen Arbeitsplatzkonzentration gesundheitsgefährdender Luftverunreinigungen, zum Auffinden von Undichtigkeiten an gasführenden Leitungen und Behältern, somit allgemein zur Bestimmung von Gasen und Gasspuren (D r ä g e r (7)).

Die Humanhygiene und ihre Unterabteilung Gewerbehygiene hat vor allem in Amerika und England eine Aufstellung erlaubter Höchstkonzentrationen von Luftverunreinigungen für den Arbeitsplatz herausgegeben (1939). Die wichtigste Zusammenstellung ist die der A m e r i c a n C o n f e r e n c e o f G o u v e r n m e n t a l I n d u s t r i a l H y g i e n i c s, 1947 erstmals herausgegeben mit Tabellen über 112 Gase und Dämpfe, 27 Staub-, Rauch-, Nebel- sowie 13 Mineralstaubarten. Sie wird jährlich kontrolliert und ergänzt.

Die erlaubte Höchstkonzentration für den Arbeitsplatz bei 8stündiger Arbeit wird in England und USA als *Maximum Allowable Concentration* ("M A C") bezeichnet. *O e t t e l* (19) empfiehlt für Deutschland den Ausdruck "*Maximale Arbeitsplatzkonzentration*" = *M A K* zu verwenden. Bei Gasen und Dämpfen wird der Wert angegeben in ppm, d.h. parts pro million, oder übersetzt: ccm Gas oder Dampf je cbm Luft, wobei umgerechnet 1000 ppm 0,1 % entsprechen. Die erlaubte Arbeitsplatzhöchstkonzentration bei täglich 8stündiger Arbeit wäre nach dieser zur Zeit bestehenden Tabelle beispielsweise für Kohlensäure 5000 ppm = 0,5 %.

III. Luftfeuchtigkeit

Die Luftfeuchtigkeit steht in der Beurteilung eines Stalles bei vielen Wissenschaftlern an erster Stelle. So vernachlässigen z.B. *C o r d s* (2), *F u h r i m a n* (10) und *D a h m e n* (3) den Kohlensäuregehalt zu Gunsten der Luftfeuchtigkeit und stellen diese in den Vordergrund als Gradmesser für die Luftqualität. Der Wassergehalt der Luft beeinflusst ganz erheblich den tierischen Organismus. Zu warme und zu feuchte Luft ruft Wärmestauungen hervor, kaltfeuchte Luft dagegen begünstigt Erkältungskrankheiten. Aber auch als Träger von Krankheitskeimen in Räumen und Stallungen ist die Luftfeuchtigkeit bekannt. Nicht zuletzt ist sie als dauernde schädliche Einwirkung auf die Baustoffe eines Stalles z.B. Schwitzwasserbildung an Decken und Wänden unerwünscht. Der Wasserdampfgehalt der Stallluft setzt sich zusammen aus der herrschenden Luftfeuchtigkeit der Außenluft, zusätzlich der Atmungsluft der Tiere und der Verdunstung der Exkremente.

Für Wohnräume wird eine relative Luftfeuchtigkeit von 40 % bei 20°C gewünscht, bei 16°C soll sie nicht über 70 % und bei 25°C nicht über 30 % steigen. Für Stallungen sollen die Werte 85 % nach *R o l l e* (20) nicht überschritten werden, *C o r d s* (2) schwankt zwischen 75 und 80 % und von *S y b e l* und *O b e r* (26) verlangen 70 %.

Gemessen wird die relative Feuchte mit Hygrometern oder Psychrometern. Die gebräuchlichsten sind Haarhygrometer, das Psychroter nach *A u g u s t* (1825) und das Aspirationshygrometer nach *A s s m a n n*.

Ein für hygienische Verhältnisse und Messungen gut brauchbares Gerät ist

ein Hygrometer, in dem sich statt eines tierischen Haares eine sogenannte Pernixkunstfaser befindet. Pernix ist ein Kunststoff, der die gleichen Eigenschaften wie ein tierisches Haar entwickelt, aber wesentlich schneller reagiert und genauer mißt.

Die Luftfeuchtigkeit, Außentemperatur, Windrichtung und Stärke sowie Sonneneinstrahlung und Niederschläge, aber auch die Bodentemperatur und Bodenfeuchte gehören zu den wichtigen Außenfaktoren, die das Stallklima beeinflussen. Im gleichen Maße muß man der Architektur des Stalles, seinem Mauerwerk, den Decken, Fenstern und Türflächen, der Viehdichte und Lüftung besondere Beachtung schenken.

IV. Lufttemperatur

Die Untersuchungsergebnisse der Stalltemperatur zeigen allgemein vor allem in der kalten Jahreszeit zu hohe Werte. Die Temperaturverhältnisse einer Gegend sind abhängig vom Breitengrad, Höhenlage und Entfernung vom Ozean. Hinzu kommen große Tages- und Jahresschwankungen der Temperatur, z.B. im Winter 9 - 10° C, extrem sogar 20°. Zur Temperaturregulierung in Stallungen werden deshalb gut funktionierende Lüftungsanlagen gefordert. Niedere Temperaturen und ausreichend frische Luft im Stall werden heute bevorzugt, da die Gesundheit, Widerstandsfähigkeit und die Leistung steigt. Durch Versuche von Brooks H. J. (1) und Kelly (1) wurde die Feststellung getroffen, daß bei tieferen Temperaturen im Verein mit Luftverbesserung kein Schaden entsteht und die Freßlust und Mast sogar gesteigert wird. Dice (5) prüfte den Einfluß der Stalltemperatur auf Leistung und Futterbedarf bei Milchkühen und fand eine geringere Gewichtszunahme und Milchleistung als im Freien. Das Sinken des Fettgehaltes bei steigenden Stalltemperaturen konnte Brooks H. J. (1) nachweisen.

Zahlreiche Autoren befaßten sich bisher mit dem Problem der zweckmäßigsten Stalltemperatur und kamen zu folgenden Ergebnissen:

Stietenroth	für Rinder	10-20° C
Märker	" "	12-15° C
Dahmen	für Pferde und Rinder	15° C
	Mast- und Arbeitstiere	14° C
	Kälber und Fohlen	12° C

Rolle (Temperaturnormen in Rußland)	für Rinder	7-14° C
	für Kälber	12° C
	für Pferde	4-6° C
	für Schafe	3° C
	für Lämmer	8° C
	für Schweine	6-10° C
	für Ferkel	16-18° C
Dinkhauser	für Rinder	16-18° C
Traub	für Rinder	12-20° C
Jentsch	für Rinder	12-18° C
	für Pferde	15-20° C
	für Schweine	12-18° C
Klimmer	für Pferde	15° C
	für Rinder	12,5-17,5° C

B. Eigene Untersuchungen

I. Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet, der Landkreis Miesbach in Oberbayern, reicht mit seiner südlichen Grenze an die Alpen, In diesem Voralpenland, ca. 800 m über dem Meeresspiegel, wurden meine Messungen ausgeführt. Der Charakter dieses Landstriches entspricht dem Bild der typischen Alpenlandschaft, enge Täler, wenig nutzbare Bodenfläche, Weideflächen, Almen und Hochalmen. Landwirtschaftliche Nutzflächen, die Ackerbau zuließen, sind wenig vorhanden, außerdem müssen die sehr stark wechselnden klimatischen Verhältnisse berücksichtigt werden, die einen Ernteertrag in Frage stellen würden. Lange Winter, Nachtfröste, schwere Gewitter mit Hagelschlag (Hagelkörner wie Enteneier), auch Schneefälle im Sommer, haben die Menschen hier zur reinen Viehhaltung und Weidewirtschaft gezwungen.

Der Tierbestand setzt sich zu 90 % aus Rindern zusammen. Bis auf wenige Ausnahmen hat das Höhenfleckvieh (Miesbacher Rasse) den Hauptanteil, vereinzelt findet man Allgäuer Grauvieh, der Rest von 10 % im Tierbestand besteht aus Pferden (Oberländer und Haflinger), Schafen, Ziegen und Schweinen. Eine Humusdecke von 5 - 15 cm Dicke bedeckt den hier vorherrschenden Kies- und Lehm Boden, so daß in dieser Gegend als Futter ausschließlich Gras bzw. Heu im Winter zur Verfügung steht. Futtermittel für Schweine müssen teuer eingekauft werden, so daß die bei meinen Untersuchungen angetroffenen 1 bis 2 zur Mast aufgestellten Schweine pro Stall lediglich dem Eigenbedarf dienen.

II. Klima und Wetterlage zur Zeit der Untersuchung

Unter Wetter versteht man die Gesamtheit der atmosphärischen Zustände für einen Ort zu einer bestimmten Zeit. Nach K ö p p e n (21) ist unter Klima die Gesamtheit der atmosphärischen Verhältnisse, die einen Ort für Menschen und Tiere und Pflanzen bewohnbar machen, zu verstehen. Wetter und Klima werden durch das Zusammenwirken der meteorologischen Faktoren Luftdruck, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftbewegung, Bewölkung, Sonnenstrahlung und Niederschläge bestimmt. Schneller Wetterwechsel von warm zu kalt führt zu Erkältungen. Das Wetter der gemäßigten Zone mit seinem jah-

reszeitlichen Rhythmus läßt Krankheiten aufkommen, die in einer bestimmten Jahreszeit am häufigsten auftreten. Magen- und Darmerkrankungen bei Menschen sind häufiger im Sommer und Herbst, im Winter dagegen Tuberkulose und Diphtherie. Bei Tieren sind es die Weidekrankheiten, wie Piroplasmoze, Fasziole, Lungenwürmer u.a.. Schweinerotlauf tritt gewöhnlich im dritten Viertel des Jahres auf, Maul- und Klauenseuche wiederum im vierten Vierteljahr.

Die klimatischen Verhältnisse des Untersuchungsgebietes wurden im Verlaufe meiner Ausführungen andeutungsweise erwähnt. Ich möchte mit den anschließenden Wetter- und Klimaskizzen die zur Zeit der Messungen vorgelegene Wetterlage erfassen. Und zwar dachte ich dabei an die Meßwerte der für uns wichtigsten meteorologischen Faktoren, Wind, Luftdruck, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Niederschläge. Diese Zahlen stellte mir freundlicherweise der deutsche Wetterdienst, Wetteramt München zur Verfügung. Ich verwendete aber die gefundenen Meßwerte der Außenstelle Tegernsee, da die Zuständigkeit dieses Ortes für mein Untersuchungsgebiet geeigneter erschien. Ich berücksichtigte auch die Ergebnisse für Bodentemperatur, da diese auf die Lufttemperaturen sicher einen großen Einfluß ausübt.

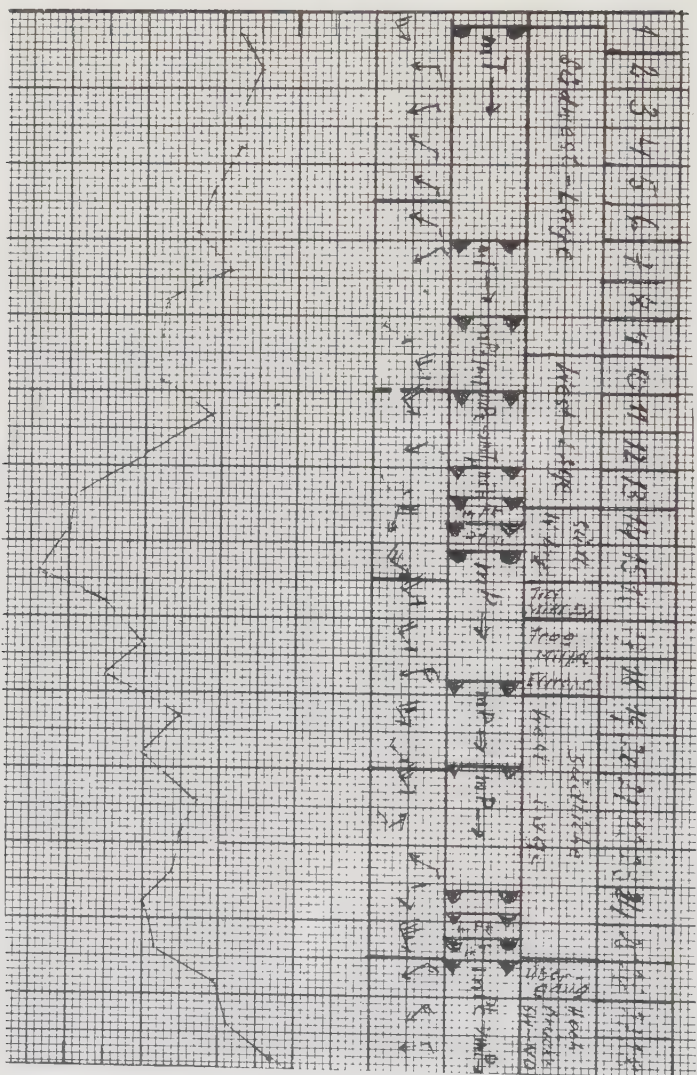
Die graphischen Darstellungen auf den einzelnen Tafeln geben den Eindruck eines Übergangsklimas, wie es für diese Jahreszeit im Voralpenland typisch ist. Wenn auch die Temperaturen für diese Jahreszeit zu hoch lagen, so bleibt doch der Gesamteindruck, und das entspricht auch der tatsächlich gewesenen Wetterlage, eines wechselhaften Witterungscharakters wie er nur im Alpengebiet auftritt.

S k i z z e N r . 1

MÜNCHEN - TEGERNSEE

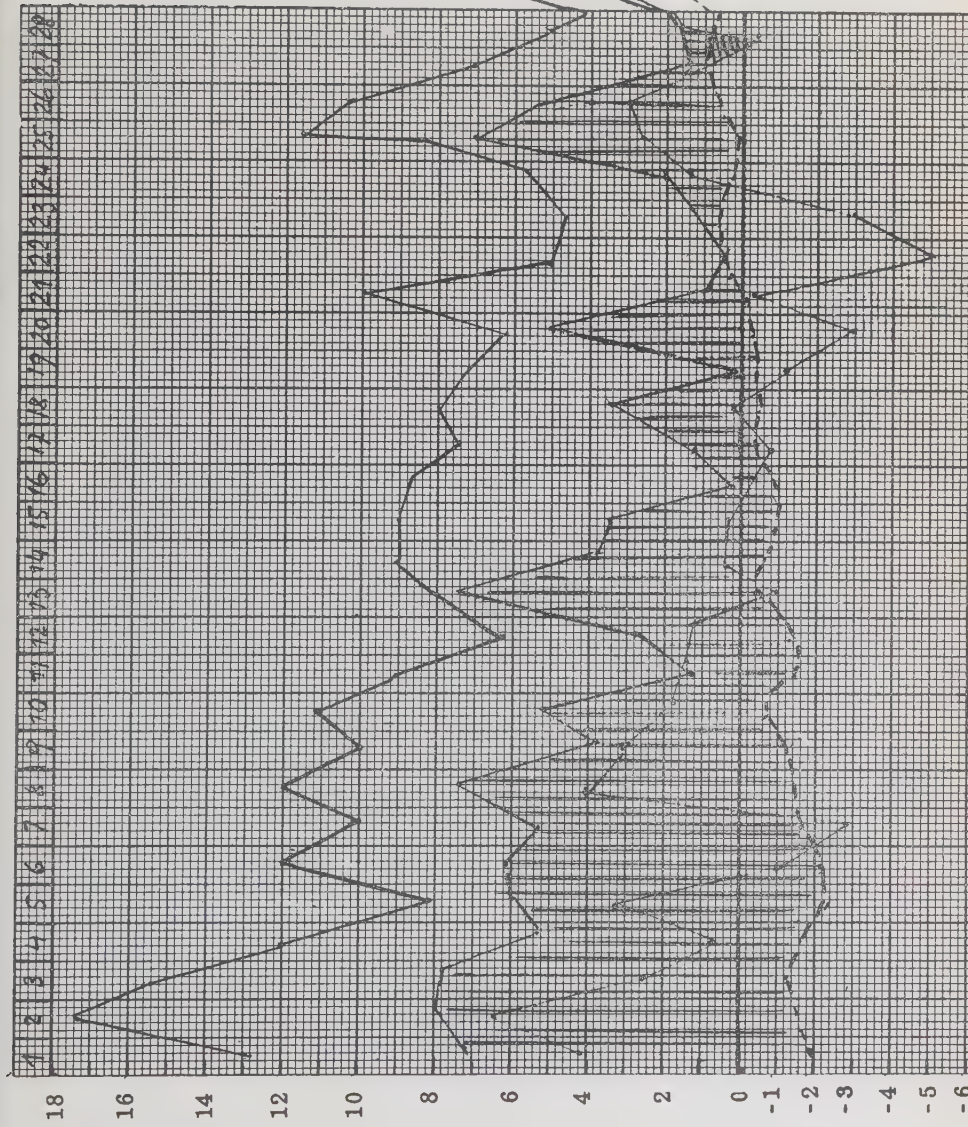
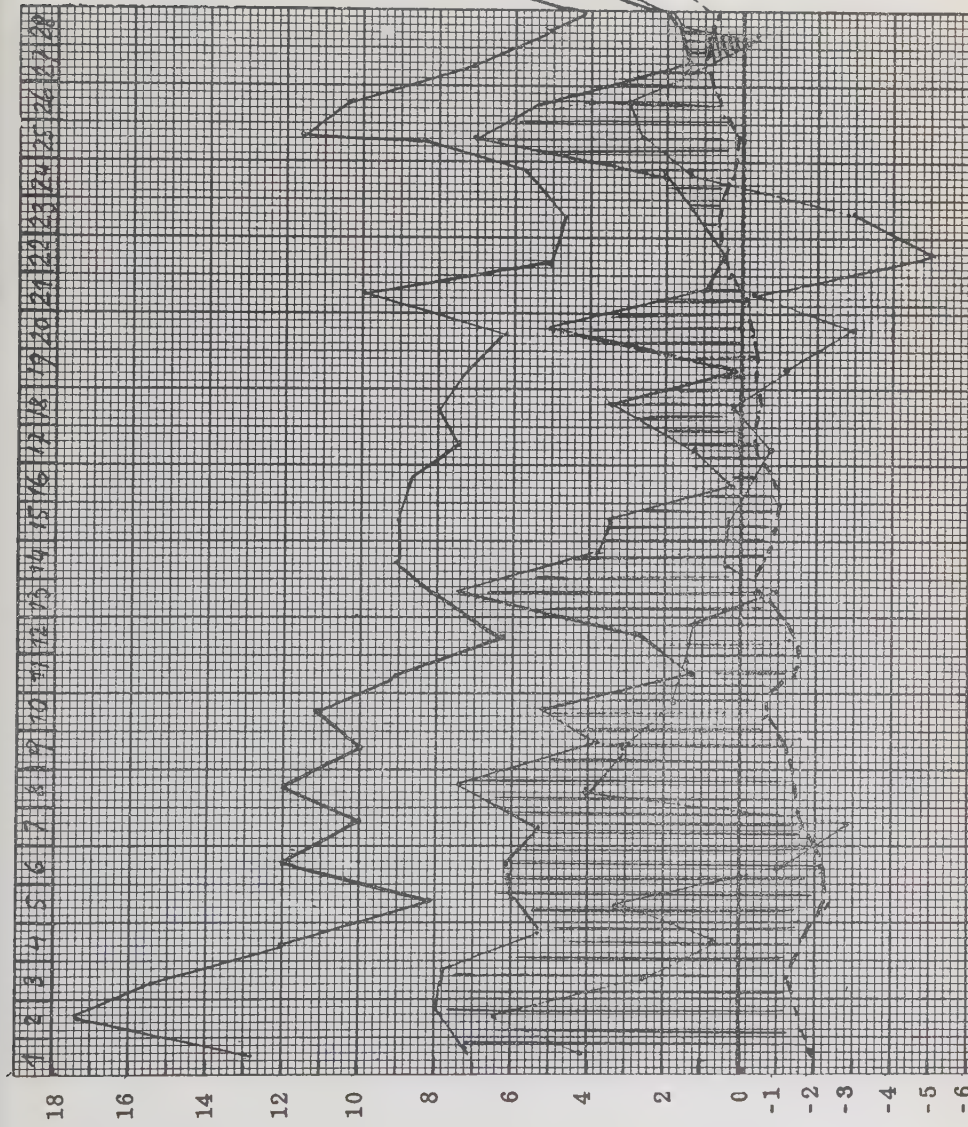
Februar 1957

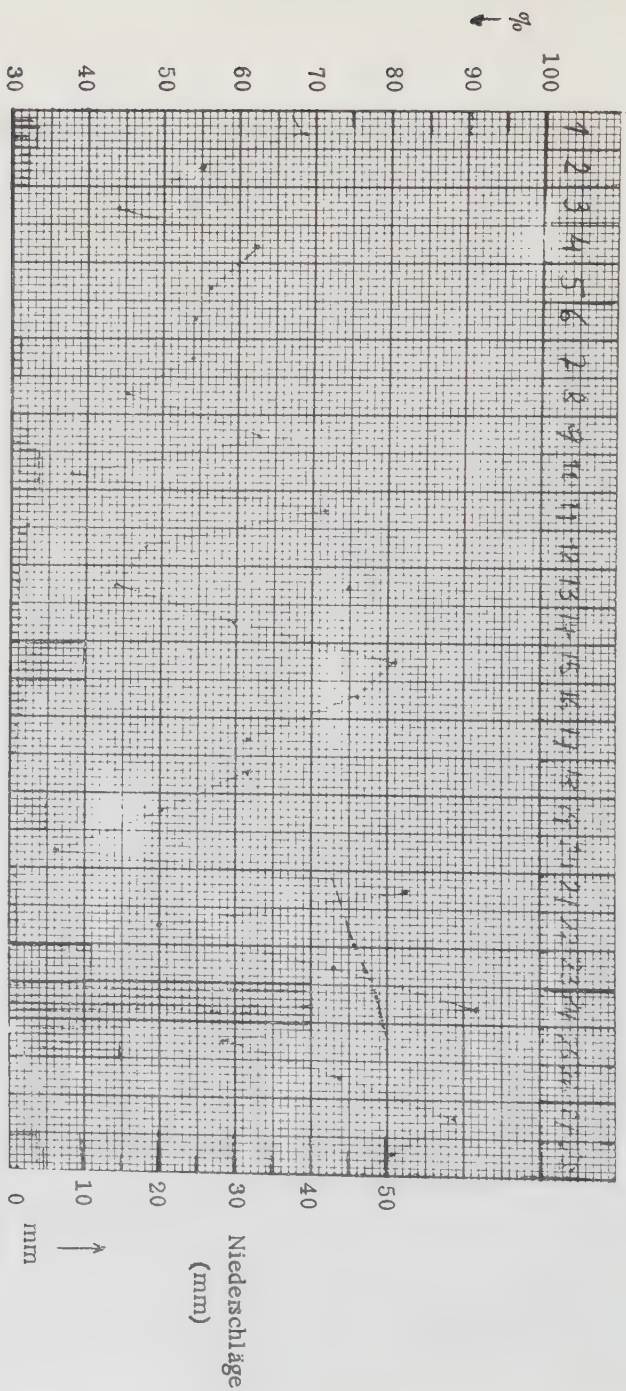
740
735
730
725
720
715
710
705
700
695
690



Großwetterlage
Luftmassen u.
Fronten
Wind (W) aus West -
- Stärke 3 Beau-
fort

Luftdruck (mm)
(Tagesmittel)





Relative Luftfeuchtigkeit (%)

----- um 14 Uhr, Mittel 61 %

Std. 8
6
4
2
0

Sonnenscheindauer
(Std.)

Wetterscheinungen

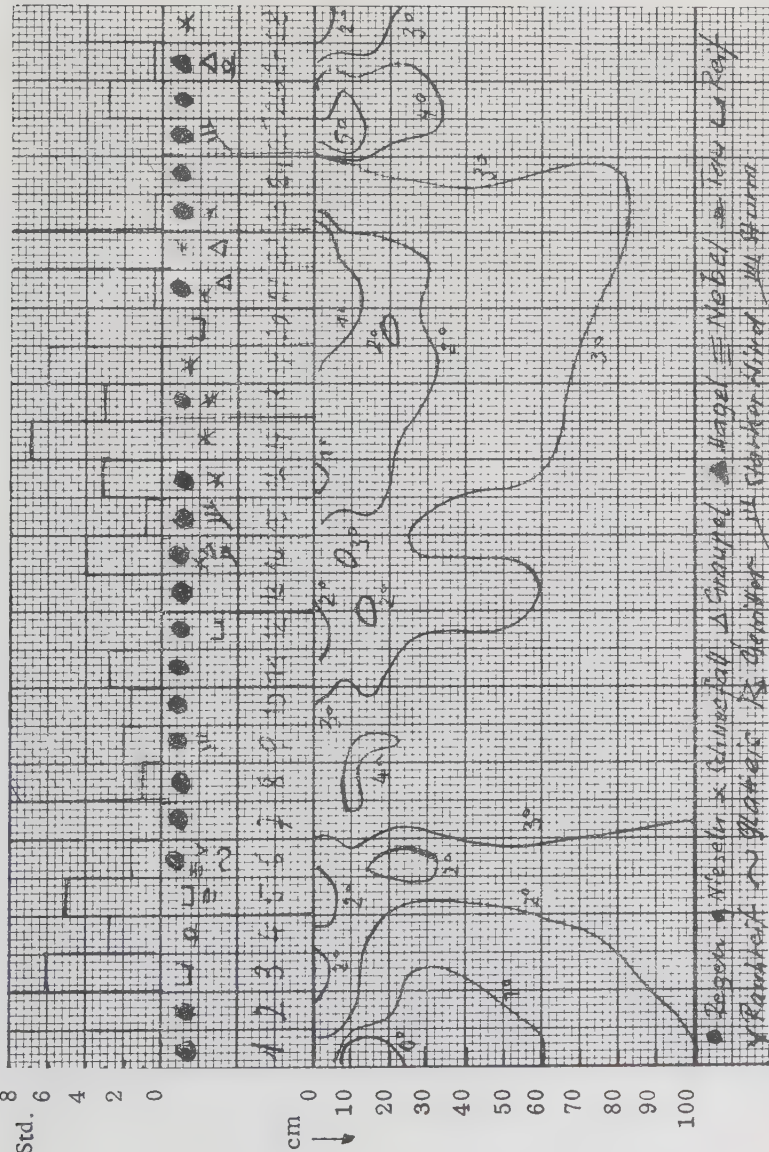
Datum

Temperatur (°C)

im

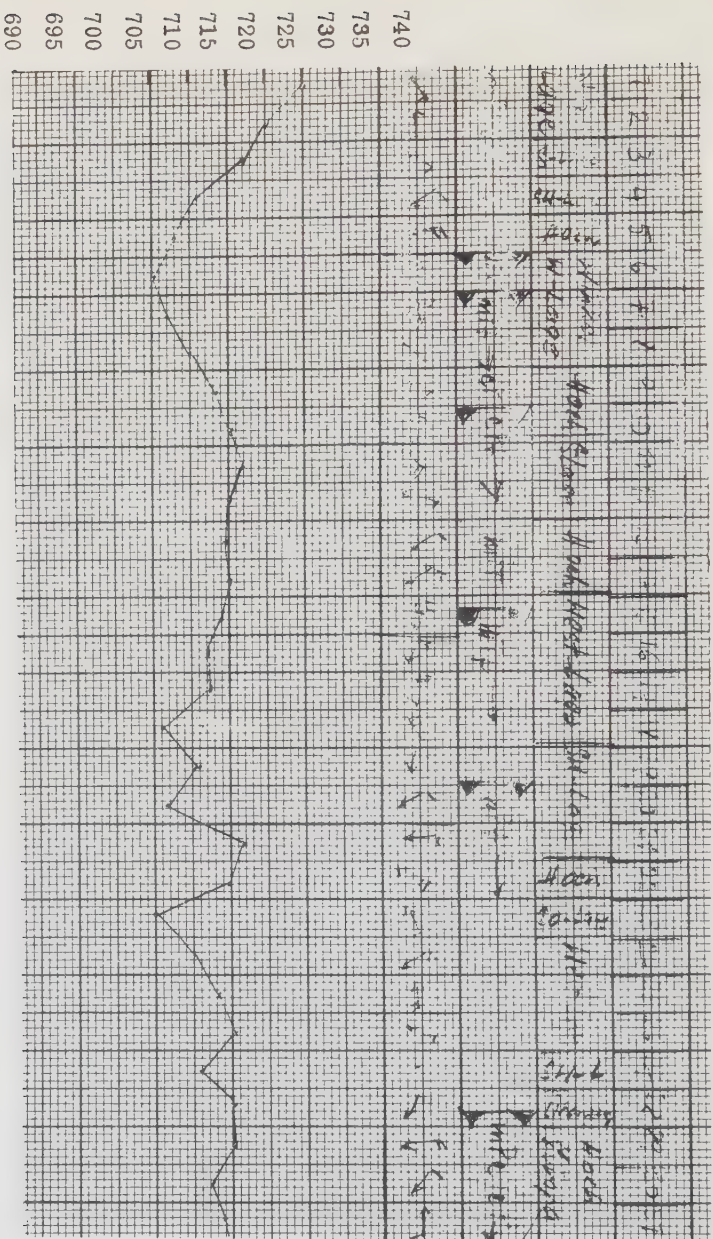
Erdboden

(Tagesmittel)



M ä r z 1957

M ä r z 1957



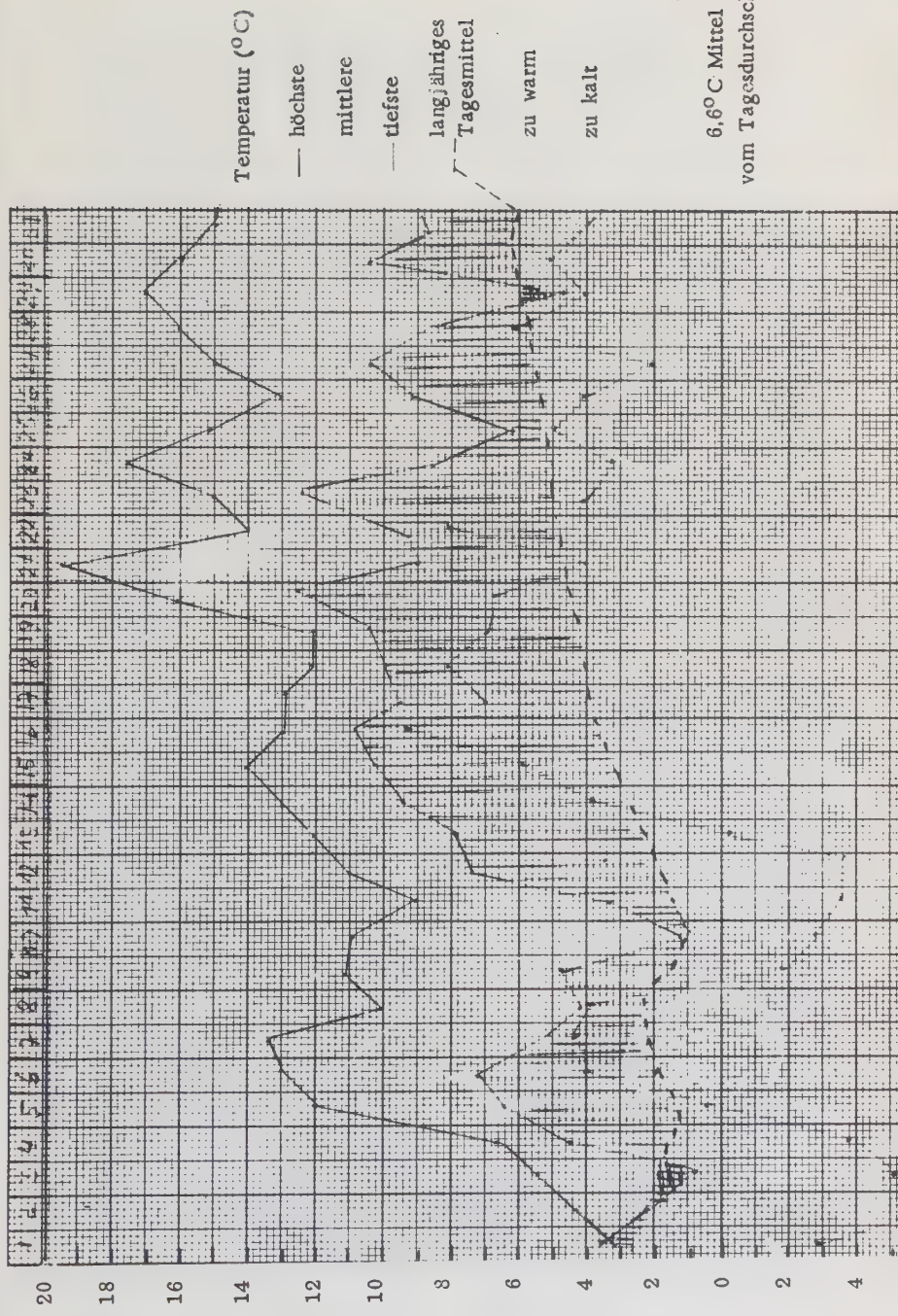
Fronten

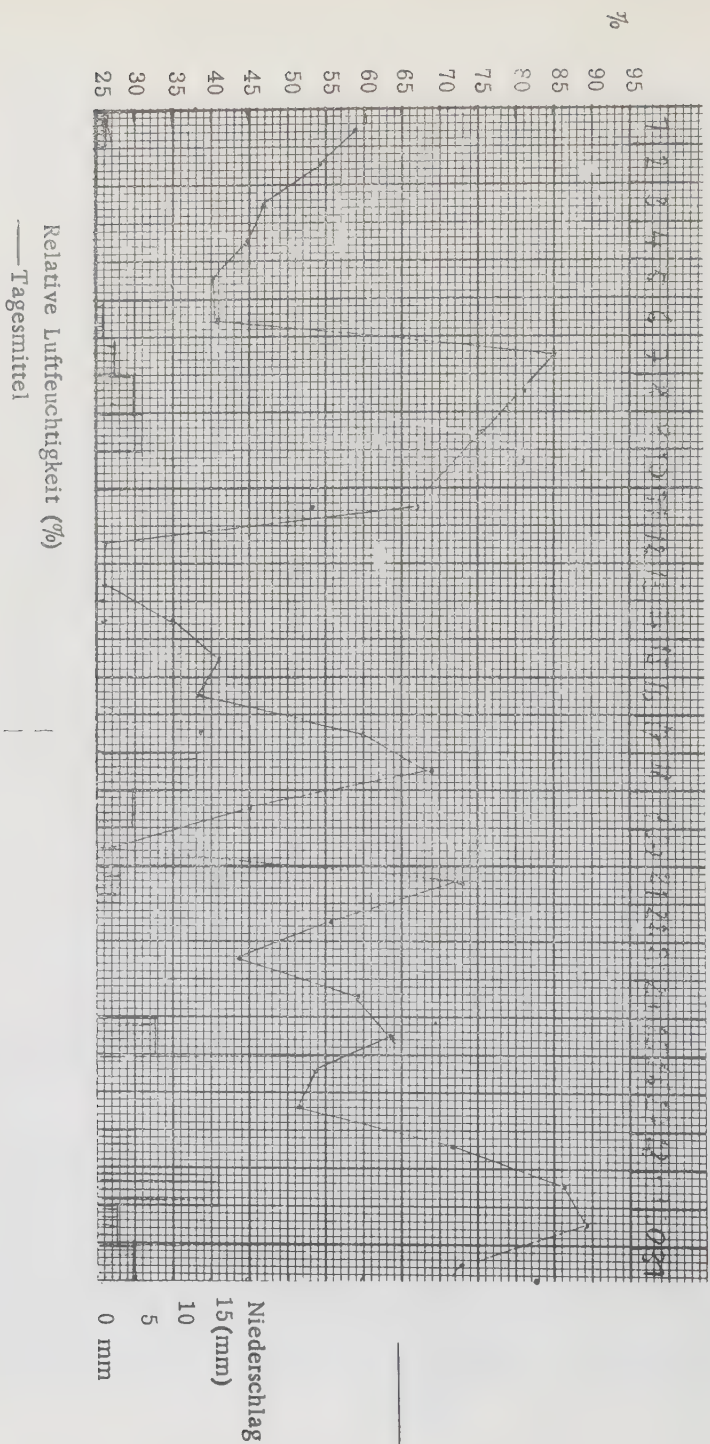
(274 W, Stärke
3 Beaufort)

Luftdruck
(mm)

Tagesmittel

740
735
730
725
720
715
710
705
700
695
690





Std.

Sonnenscheindauer
(Std.)

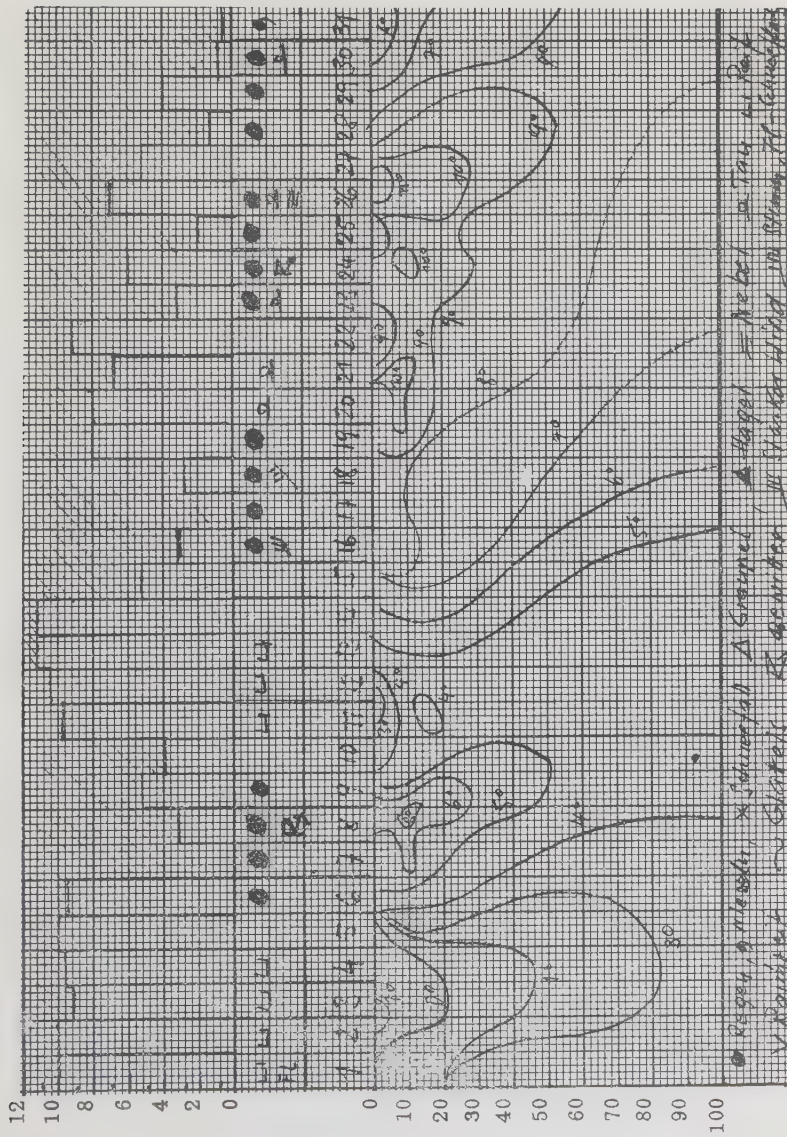
Wettererscheinungen

Datum

Temperature (°C)

im

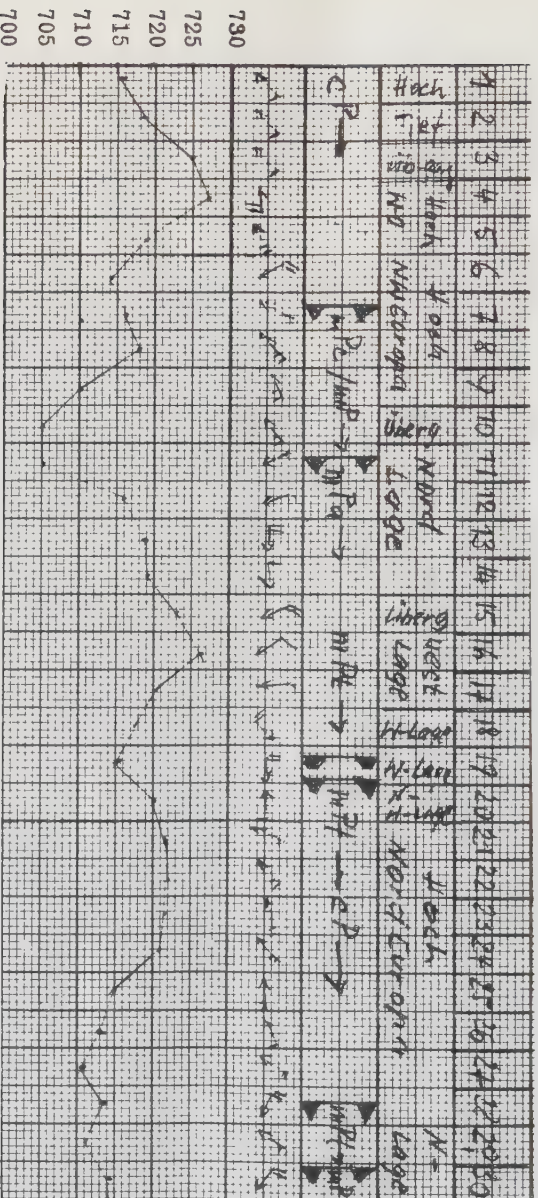
Erdboden (Tagesmittel)



Skizze Nr. 9

MÜNCHEN-TEGERNSEE

April 1957



Grosswetterlage

Luftmassen u.

Fronten

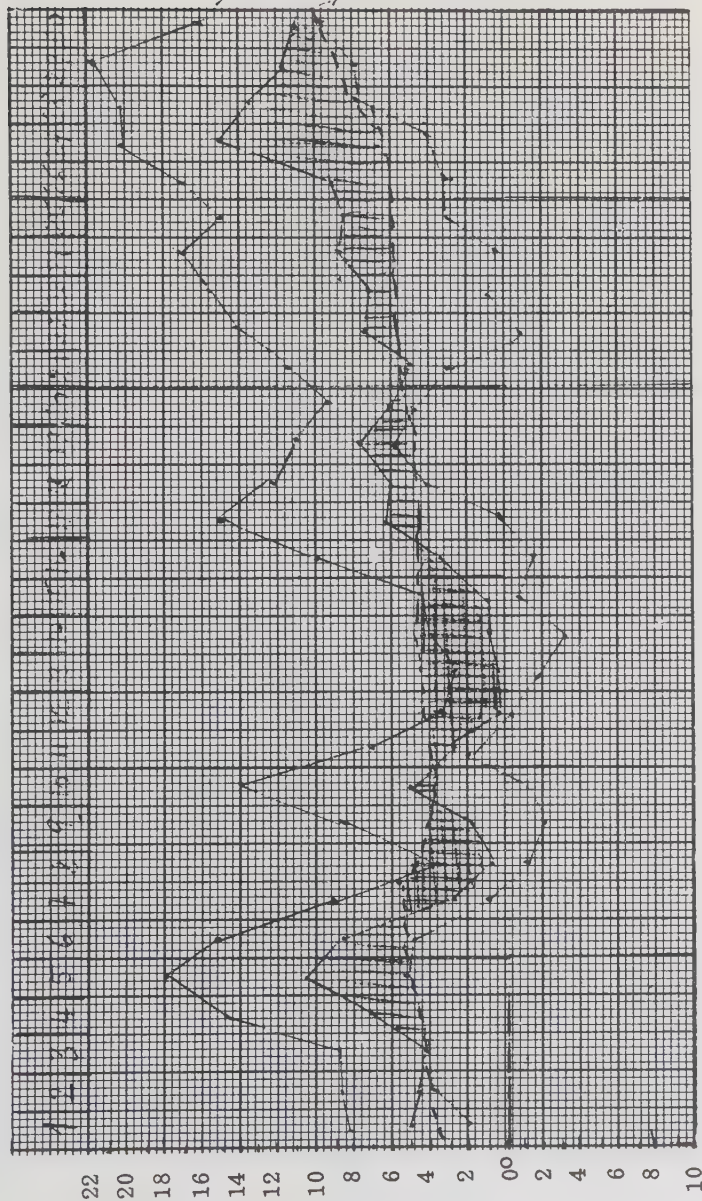
Wind 1400

(↗ aus W, Stärke
3 Beaufort)

Luftdruck (mm)

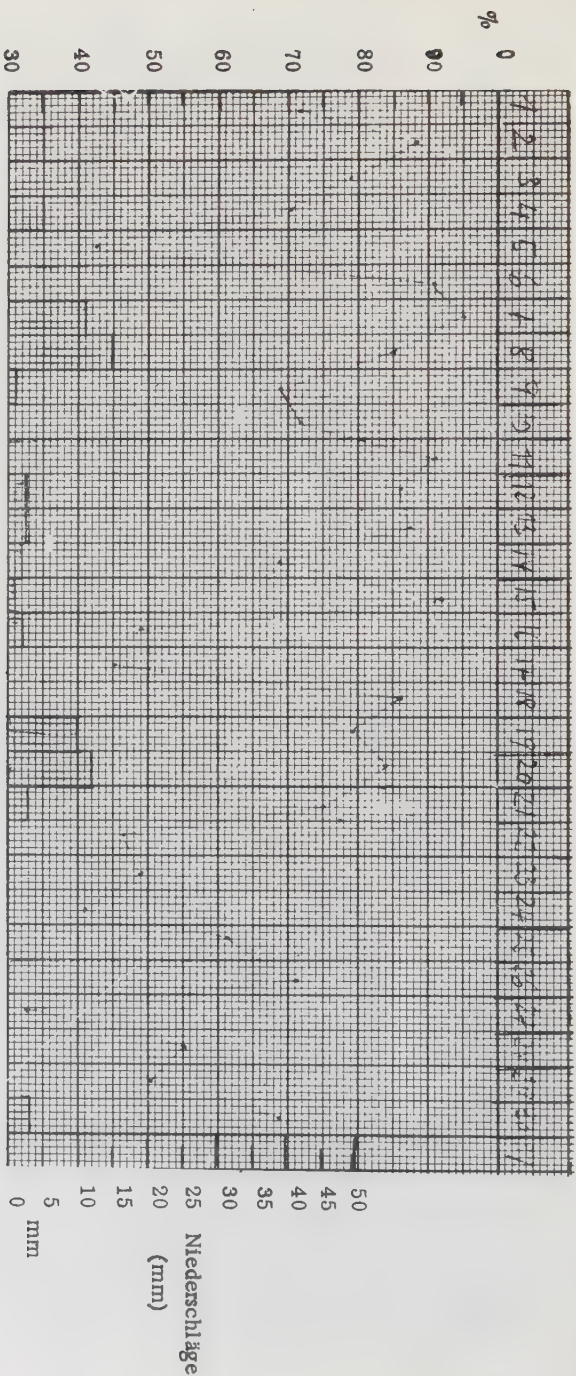
(Tagesmittel)

April 1957



S k i z z e Nr. 11

April 1927



14

12

10



3

1

4 0

1

0

1

4 0

2000 2001

3

CH

50

69

70

88

06

Sonnenscheindauer
(Std.)

Wettererscheinungen

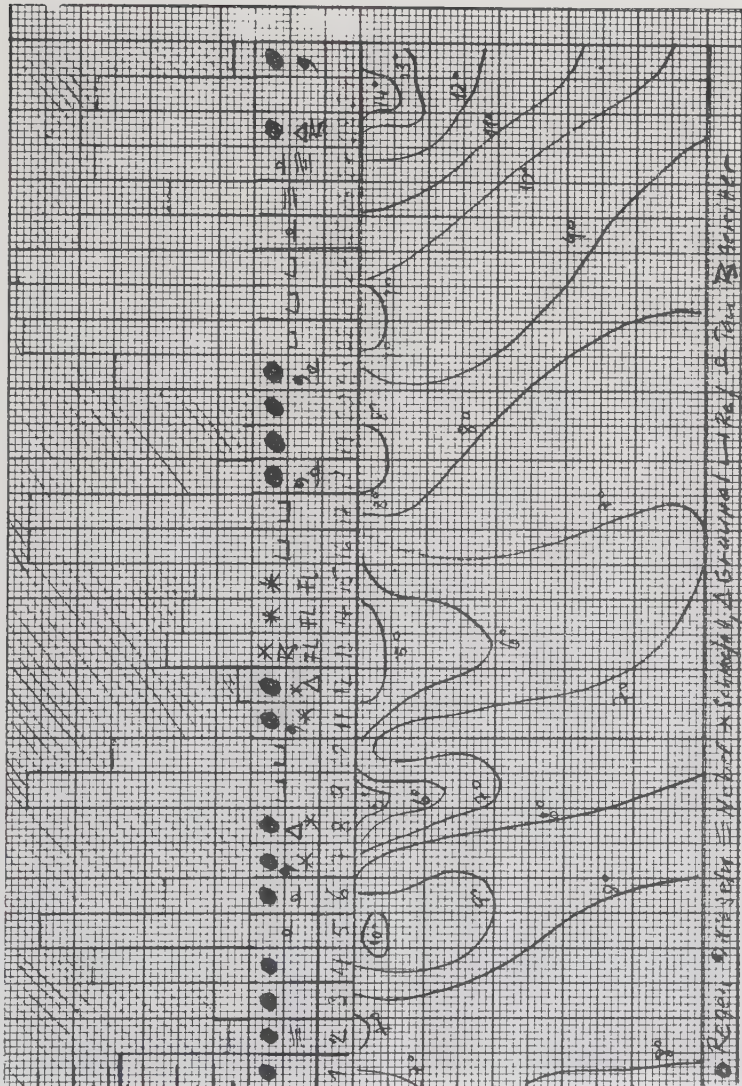
Datum

Temperatur (°C)

im

Erdboden

(Tagesmittel)

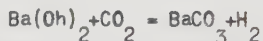


III. Methodik und Meßtechnik

1. Vergleichende CO_2 -Messungen

In den Monaten Februar, März und April wurden von mir in 55 verschiedenen Rinderstallungen vergleichende CO_2 und Luftfeuchtigkeitsmessungen ausgeführt. Diese Messungen wurden 1 m über dem Stallboden und dicht unter der Decke in Stallmitte gemacht. Die Kohlensäurebestimmung erfolgte einmal mit der Methode nach Pettenkofer:

Man benutzt hierzu lösliches Bariumhydroxyd, das sich in unlösliches Bariumcarbonat umwandelt.



In eine 5 l Flasche bringt man 50 ccm der 1/100 mol. Barytwasserlösung, so daß 10 ccm einem Liter Luft entsprechen. Nach 10 Minuten langem Schütteln läßt man das ausgefallene Bariumcarbonat absetzen. 10 ccm des überstehenden klaren Barytwassers, die einem Liter Luft entsprechen, werden mit 1/100 mol. Oxalsäure austitriert. Als Indikator dient Phenolphthalein.

Berechnung: 1 mol $\text{CO}_2 = 44 \text{ g} = 22,4 \text{ l } \text{CO}_2$

1 l 1/1 mol. $\text{Ba(OH)}_2 = 1 \text{ mol. } \text{CO}_2 = 22,4 \text{ l } \text{CO}_2$

1 ccm 1/1 mol. $\text{Ba(OH)}_2 = 22,4 \text{ ccm } \text{CO}_2$

1 ccm 1/100 mol. $\text{Ba(OH)}_2 = 0,224 \text{ ccm } \text{CO}_2$

Die durch CO_2 nicht in BaCO_3 umgewandelte Menge des Barytwassers wird durch Titration mit 1/100 mol. Oxalsäure ermittelt und durch die dabei verbrauchten ccm Oxalsäurelösung (y) angegeben.

Wäre im Barytwasser noch alles Barium als Hydroxyd enthalten, so würden 10 ccm der Oxalsäure zur Titration benötigt, also:

$$x = 10 - y$$

1 ccm 1/100 mol. Bariumhydroxyd wird durch 0,224 ccm CO_2 in BaCO_3 umgewandelt. Die Menge des vorhandenen CO_2 wird an der Anzahl der im BaCO_3 umgewandelten ccm Bariumhydroxyd gemessen.

Um die Menge von Kohlensäure in einem Liter zu ermitteln, ist also die Zahl x mit 0,224 zu multiplizieren. $x \cdot 0,224 \text{ ccm } \text{CO}_2$ sind in einem Liter

(1000 ccm) Luft enthalten. Zur Berechnung auf 100 ccm Luft sind beide Größen durch 10 zu dividieren.

$$\frac{x \cdot 0,224 \text{ ccm CO}_2}{10} = \frac{\text{in 1000 ccm Luft}}{10}$$

Beispiel: Zur Titration von 10 ccm 1/100 mol. Ba(OH)_2 gehören 10 ccm 1/100 mol. $(\text{COOH})_2$. Nach Schütteln: 10 ccm des mit einem Liter Luft geschüttelten 1/100 mol. Baryt-Wassers, benötigen nach Ausfällung des neu entstandenen BaCO_3 7 ccm 1/100 mol. Oxalsäure = y; also $x = 10 - 7 = 3$.

$x \cdot 0,224 = 3 \cdot 0,224 \text{ ccm} = 0,672 \text{ ccm}$ Kohlensäure in einem Liter Luft und 0,0672 in 100 ccm, also 0,0672 %, d.h. Vermehrung des CO_2 um gut das Doppelte.

Die verwendete Konzentration der Chemikalien:

des Barytwassers	3,5 g auf 1000 ccm Aqua dest.
der Oxalsäure	1,405 g " 1000 " " "
des Phenolphthalein	1,0 g : 50 g Alkohol

Zur Herstellung und Behandlung des Barytwassers sei noch folgendes zu bemerken: Es wird eine Menge von 2 bis 3 Litern in der oben erwähnten Konzentration angesetzt, man läßt 2 Stunden absetzen, hebert 10 ccm ab, fügt 2 - 3 Tropfen Phenolphthalein hinzu und es kommt zur Rotfärbung. Mittels einer Bürette läßt man nun solange Oxalsäure zutropfen, bis die rotgefärbte Flüssigkeit entfärbt wird. Und zwar muß das Barytwasser entweder durch Verdünnen mit Aqua dest. oder durch Zugabe von weiteren Bariumhydroxydkristallen so eingestellt werden, daß zur Entfärbung von 10 ccm Barytwasser genau 10 ccm Oxalsäure gebraucht werden. Dieser Vorgang wurde täglich wiederholt und dann erst 100 ccm-Flaschchen mit dem so eingestellten Barytwasser in die Stallungen mitgenommen. Am gleichen Tage wurde dann die mit Bariumcarbonat behaftete Flüssigkeit austitriert. Man läßt absetzen, hebert 10 ccm der überstehenden Flüssigkeit ab, beschickt sie wieder mit 2 bis 3 Tropfen Phenolphthalein bis zur Rotfärbung und läßt tropfenweise Oxalsäure hinzu. Es wird jetzt weniger Oxalsäure gebraucht werden als 10 ccm und diese Differenz multipliziert man mit 0,224. Das Ergebnis zeigt den Kohlensäuregehalt der untersuchten Luft an.

Eine andere Meßmethode führte ich mit dem schon eingangs erwähnten Gas-Spürgerät-Träger Modell 19/31 aus. Ebenfalls wurde hier an den gleichen Plätzen, also 1 m über dem Boden und dicht unter der Decke in Stallmitte gemessen. Dieses Gerät, das in der Hauptsache in der Gewerbehigiene Verwendung findet, wurde als zweite CO_2 -Meßmethode angewandt. Es dient, wie schon der Name sagt, zum Aufspüren von Gasen und Gasspuren. Das Gerät besteht aus einer Balgpumpe, einem Prüfröhrchenverrät und einem Tragekasten. Die Messung geht nun folgendermaßen vor sich:

Die beiden spitzen Glasenden des Prüfröhrchens werden abgebrochen und dieses so vorbereitete Prüfröhrchen auf die Balgpumpe in ein mit einer Gummidichtung versehenes Loch eingesteckt. Anschließend wird die Pumpe mit einer Hand zusammengedrückt und die Luft durch ein vom Saugvorgang unabhängiges Ventil ausgepreßt. Das zu untersuchende Luftgemisch wird mittels der Balgpumpe in das Prüfröhrchen gesaugt. Dabei zählt der Prüfer die ausgeführten Saughübe und beobachtet das Farbbild des Prüfröhrchens, an dem eine Skala (0,5 % bis 5,0 %) die Konzentration des vorliegenden Gases anzeigt. Wird mehr als ein Hub ausgeführt, so ist die angezeigte Zahl durch die Anzahl der Hübe zu dividieren. Der Saugvorgang der Pumpe kommt dadurch zustande, daß im Balg angeordnete Federn den zusammengedrückten Balg strecken. Die Pumpe saugt ein Luftvolumen von ca. 100 cm³ pro Hub mit reproduzierbarer Geschwindigkeit durch das Prüfröhrchen. Damit sind die technischen Voraussetzungen für genaue Prüfwerte gegeben und subjektive Fehlerquellen ausgeschlossen.

Die Prüfröhrchen enthalten eine genau abgestimmte Menge von Farbreagenzien, die auf das jeweils zu messende Gas weitgehend spezifisch ansprechen. Diesen Prüfröhrchen liegt das chromometrische Funktionsprinzip zugrunde. Das wesentliche dieses Prinzips ist es, daß man das Nachzuweisende auf ein mit einem festgelagerten körnigen Träger fixierten Farbreagenz reagieren läßt. Nach G r o s s k o p f (11) kann die Auswertung durch Vergleich mit Farbstandards oder durch Ausmessung der Länge der verfärbten Schicht erfolgen. Der Widerstand des Prüfröhrchens ist so bemessen, daß ein Pumpenhub mindestens 25 aber höchstens 40 Sek. dauert. Dieser Richtwert gibt eine einfache Kontrolle während der Messungen.

Ein gebrauchtes Prüfröhrchen kann nach negativem Befund 5 mal am gleichen Tage gebraucht werden. Nach positiver Anzeige ist es nicht mehr verwertbar. Die Verfärbung am Prüfröhrchen ist nur eine begrenzte Zeit haltbar. Der Kohlensäurenachweis ist spezifisch, andere saure Gase, die in der

Luft enthalten sein können, stören die Kohlensäureanzeige nicht. Der übliche Wasserdampfgehalt der Luft beeinflusst die Meßgenauigkeit ebenfalls nicht. Die Lagerfähigkeit der Prüfröhrchen beträgt ein Jahr im verschlossenen Behälter, Mißfärbungen deuten auf Zersetzung hin.

Ich konnte bei den folgenden Messungen feststellen, daß das Gasprüfgerät-Dräger ein durchaus praktisches und gut messendes Gerät darstellt. Störend fand ich die zu grobe Einteilung der Skala am Prüfröhrchen. Der Anzeigebereich von 0,5 % - 5 % ist für Stallmessungen nach oben hin (5 %) zu weit bemessen, nach unten hin (0,5 %) aber sicher zu wenig unterteilt. Werte wie 0,1 %, 0,2 % und 0,3 % mit einem Saughub sind nicht zu schätzen. Um Werte in diesem Anzeigebereich zu erhalten, machte ich 4 - 5, auch 6 Hübe und teilte dann die angezeigten Werte durch die Anzahl der Saughübe.

Ein Beispiel: Nach dem ersten Saughub ist kaum ein Farbumschlag zu erkennen. Auch nach dem zweiten und dritten Hub kann man so ungefähr einen Wert erschätzen. Nach dem fünften Hub zeigt der Farbton auf den Teilstrich 0,5 %, d.h. also $0,5 \% : 5 \text{ Hübe} = 0,1 \%$ gesuchtes Gas. Ich habe in 110 Kohlensäuremessungen auf diese Weise im Vergleich mit der Pettenkofer'schen Methode gut brauchbare CO_2 -Werte erhalten, die jeder anderen Meßmethode standhalten können.

In der nun folgenden Tabelle I sind die Meßwerte der Pettenkofer'schen Flaschenmethode und des Dräger-Gasspürgerätes von 50 Rinderstallungen in Bezug auf CO_2 -Gehalt der Stallluft gegenübergestellt:

Tabelle I
Vergleichende CO₂-Messungen in Rinderstallungen

Nr.	H %	P %	G	Nr.	P %	G %	Nr.	P %	G %	Nr.	P %	G %	Nr.	P %	G %
1	D M	0,100 0,125	0,15 0,15	11	0,295 0,225	0,35 0,30	21	0,120 0,065	0,12 0,07	31	0,097 0,095	0,12 0,10	41	0,205 0,125	0,25 0,15
2	D M	0,215 0,150	0,30 0,25	12	0,075 0,060	0,12 0,05	22	0,197 0,100	0,20 0,12	32	0,237 0,230	0,24 0,25	42	0,237 0,197	0,37 0,18
3	D M	0,205 0,195	0,25 0,20	13	0,175 0,150	0,15 0,10	23	0,125 0,087	0,12 0,10	33	0,235 0,200	0,20 0,30	43	0,237 0,150	0,30 0,10
4	D M	0,225 0,170	0,30 0,25	14	0,115 0,125	0,12 0,15	24	0,150 0,097	0,12 0,10	34	0,195 0,162	0,20 0,17	44	0,210 0,200	0,25 0,23
5	D M	0,217 0,195	0,30 0,25	15	0,150 0,117	0,20 0,20	25	0,207 0,200	0,25 0,25	35	0,140 0,135	0,15 0,15	45	0,300 0,250	0,40 0,30
6	D M	0,182 0,150	0,20 0,13	16	0,155 0,125	0,18 0,12	26	0,350 0,250	0,45 0,30	36	0,232 0,217	0,25 0,20	46	0,310 0,275	0,40 0,30
7	D M	0,115 0,085	0,10 0,10	17	0,190 0,175	0,20 0,18	27	0,237 0,280	0,30 0,25	37	0,235 0,195	0,25 0,20	47	0,115 0,095	0,20 0,15
8	D M	0,195 0,187	0,25 0,25	18	0,125 0,092	0,15 0,10	28	0,185 0,172	0,20 0,18	38	0,195 0,200	0,20 0,25	48	0,187 0,175	0,20 0,18
9	D M	0,205 0,125	0,30 0,15	19	0,232 0,207	0,30 0,25	29	0,187 0,125	0,20 0,15	39	0,130 0,127	0,15 0,15	49	0,190 0,162	0,25 0,20
10	D M	0,202 0,167	0,25 0,20	20	0,120 0,090	0,15 0,12	30	0,237 0,235	0,35 0,30	40	0,205 0,197	0,25 0,20	50	0,155 0,127	0,20 0,20

Zeichenerklärung zu Tabelle I:

- P = Methode nach Pettenkofer
- G = Gassprüngerät
- D = Werte unter der Decke
- M = Werte 1 m über dem Boden
- H = Meßhöhe
- Nr. = Stall-Nr.

Wie aus der Tabelle I zu ersehen ist, liegen die Werte der beiden Meßmethoden dicht beisammen, die höchste Differenz beträgt 0,163 %, alle übrigen wechseln zwischen den Werten 0,001 - 0,05 %. Fehlerquellen dürften in beiden Messungsverfahren zu finden sein.

Wie schon oben erwähnt, ist das Barytwasser Schwankungen unterworfen, deshalb die tägliche Kontrolle und Einstellung mit Oxalsäure. Die mitgeführten 100 ccm-Fläschchen mußten verständlicherweise für mehrere Messungen ausreichen und konnten oft erst abends ausgewertet werden. Nach dem Entleeren der 5-Liter-Flaschen in gewünschter Stallhöhe, bleiben immer Wassertropfen zurück, die natürlich das Meßergebnis beeinflussen und eine fortlaufende Fehlerquelle darstellen. Die Messungen mit dem Gasprüfgerät nach Dräger sind einmal auf Grund der groben Zahleneinteilung, zum andern durch einen etwas verschwommenen Farbumschlag schwer abzulesen. Erst nach längerer Übung findet man die Routine beim Ablesen der Werte. Unmittelbar nach dem letzten Saughub und nicht an der hellsten Stelle des Stalles messen und ablesen! Die Messungen sollen an dunklen Orten und die Ablesungen an dem Platz stattfinden, wo die Skala und der Farbumschlag gerade noch deutlich zu erkennen sind.

Wenn man die Meßwerte für den Kohlensäuregehalt der Stallluft der Tabelle I den geforderten CO_2 -Gehalt für Stallluft nach Schultze und Märker (22) zugrunde legt, diese fordern 0,2 - 0,3 %, wären die Ergebnisse als gut zu bezeichnen. Rolle (20) ist der Meinung, daß es möglich sein müßte, den CO_2 -Gehalt in Ställen unter 0,2 % zu halten.

Aus der Tabelle I ist ferner noch zu entnehmen, daß in den meisten Ställen, mit Ausnahme der Ställe Nr. 1, 38, 42, die Kohlensäure an der Decke konzentrierter ist, als in der Stallmitte bzw. einen Meter über dem Boden. Auf die Tatsache, daß der CO_2 -Gehalt der Luft nicht an allen Stellen gleich ist, sondern im besetzten Stall vom Boden zur Decke einen Zuwachs

erfährt, hat R o l l e (20), L e h m e y e r (12) und M e i s s - n e r (13) hingewiesen. Eine Erklärung für dieses Verhalten der Kohlensäure ist nur durch das Gesetz der Diffusion und durch das Temperaturgefälle möglich. Die an Kohlensäure und Feuchtigkeit reiche Ausatemluft der Tiere steigt hoch. Infolge der Diffusion bleibt die Kohlensäure mit der Luft gemischt. Da die oberen Luftschichten höher temperiert sind und sich hier die größere absolute Feuchtigkeit befindet, so ist das spezifische Gewicht dieser Luftschicht, trotz höheren CO_2 -Gehalten niedriger als unten.

Im Untersuchungsgebiet fanden sich 15 Stallungen mit einem CO_2 -Gehalt unter 0,2 %, in 5 Ställen fand ich Ergebnisse von über 0,3 %. Die zum Teil niederen Kohlensäuremengen der untersuchten Stallungen wurden durch die in dieser Zeit herrschende Wetterlage bestimmt. Aus den Skizzen 2, 6, 10 der Wetterkarten sind für diese Jahreszeit z.T. sehr hohe Temperaturen angezeigt. Der Landwirt war also großzügiger in der Durchlüftung seiner Stallungen als sonst. Die monatlichen Durchschnittstemperaturen betrugen für Februar $+4^\circ \text{C}$, März $6,6^\circ \text{C}$ und April $6,0^\circ \text{C}$. Die Heuernte des vergangenen Jahres war im Untersuchungsgebiet bei vielen Bauern sehr schlecht ausgefallen, so daß die milde Witterung der oben genannten drei Monate die Tierhalter veranlaßte, einen Teil, und da wiederum die erwachsenen Tiere, auf in Hofnähe liegende Wiesen zu treiben. Man legt hier in einem Gebiet, in dem sich der Landwirt ganz seinen Tieren widmen kann, großen Wert auf gute Luft im Stall. Alle Tiere sind durch jährlichen vier- bis fünfmonatigen Weidegang auf Hochalmen abgehärtet und klimatischen Schwankungen gewachsen.

2. Vergleichende Luftfeuchtigkeitsmessungen.

Ein schwer zu bekämpfender Faktor in der Stallhaltung der Rinder ist der Luftfeuchtigkeitsgehalt. Die Bekämpfung dieses Grundübels geht alle Beteiligten, sowohl den Landwirt als auch den Baufachmann und den Tierarzt an, da die Luftfeuchtigkeit den Tieren und dem Baumaterial auf die Dauer großen Schaden zufügt. Verdunstungskälte, Wärmestauung und Schwitzwasserbildung sind Begriffe, deren Bekämpfung in der Veterinärhygiene der Vorrang zu geben ist.

S t i e t e n r o t h (25) sagt: "Das Auftreten von Schwitzwasser ist nicht immer gleichbedeutend mit schlechten Stallluftverhältnissen, so wenig wie das Fehlen von Schwitzwasser als Argument für gute Stallluftver-

hältnisse gewertet werden darf. Schwitzwasser ist nur ein Zeichen ungenügenden Wärmeschutzes". Selbst bei vorzüglichen Stallungen stellt M e i s s n e r (13) immer einen hohen Feuchtigkeitsgehalt (76 - 85 %) fest. F r a n k (9) fand bei seinen Untersuchungen einen Durchschnitt von 88 %. T r a u b (28) fordert als erträgliche Feuchtigkeitsnorm für Sommermonate 40 - 70 % relativer Feuchtigkeit. C o r d s und P a r - c h i m (2) fordern bei folgenden Stalltemperaturen, entsprechende Luftfeuchtigkeitswerte:

bei +8° C	85 %
" +10° C	80 %
" +12° C	80 %
" +14° C	75 %
" +16° C	70 %

R o l l e (20) verlangt allgemein für Sommermonate einen Feuchtigkeitswert von 40 - 70 %. D e u t s c h (4) stellt einen größeren Wasserdampfgehalt der Rinderställe gegenüber reinen Pferdeställen fest.

Pferde	61 - 89 %
Rinder	76 - 90 %

Ich fand bei meinen Untersuchungen Werte zwischen 56 und 92 %. Die verhältnismäßig tief gelegenen Werte (56 - 60), stehen sehr oft im Zusammenhang mit einer kräftigen Föhnlage, in der laut Wetterkarte (Skizze Nr. 6,7) extreme Luftfeuchtigkeitswerte der Außenluft von 33 % angezeigt werden.

Meine Messungen am Luftfeuchtigkeitsgehalt von Rinderstallungen führte ich mit 3 Instrumenten vergleichend durch:

1. Mit einem Aspirationshygrometer nach Assmann
2. Mit einem Haarhygrometer
3. Mit einem Hygrometer, bei dem anstelle eines Haares eine synthetische Pernixfaser arbeitete.

Die Arbeitsweise des Psychrometers ist bekannt. Bemerkenswert ist der Zeitpunkt des Ablesens der beiden Temperaturen am trockenen und feuchten Thermometer. Voll aufgezogen läuft das Luftzug erzeugende Uhrwerk 9 Minuten lang. Es wäre aber verkehrt, erst dann die anliegenden Werte abzulesen. Der zur Verfügung stehende Assmannsche Psychrometer hatte bereits

nach 4 1/2 Minuten durch vollständige Streckung der Feder seinen Höhepunkt, und damit die größte Qrehzahl erreicht. In diesem Augenblick müssen die anliegenden Werte entnommen werden,sonst liegt im zu späten Ablesen die größte Fehlerquelle.

Zur Kontrolle der richtigen Handhabung des Psychrometers dienen die Hygrometer. Vom Haarhygrometer ist aber bekannt, daß er eine relative Feuchte von über 70 % sehr ungenau mißt und der Meßgenauigkeit eines Psychrometers sehr nachsteht. Auch von der Verwendung eines Haarhygrometers sind gewisse Vorbereitungen zu beachten. Besonders dann, wenn es z.B. lange Zeit in einem Instrumentenschrank eines Institutes lag. Man kann die Meßgenauigkeit erhöhen, wenn man das Instrument 24 Stunden vor Beginn der Arbeit mit einem feuchten Lappen umwickelt und das alle 8 Tage wiederholt. Zu empfehlen ist noch das Mitnehmen eines kleinen Schraubenziehers, mit dem öfter vor der Messung der Zeiger auf 95 % relative Feuchte gestellt wird. Damit kann man, wie ich es feststellte, eine schnellere Reaktion des eingespannten Haares und dementsprechend schneller die Werte erlangen.

Ein zweites Hygrometer, das im Prinzip genau wie ein Haarhygrometer arbeitet, wurde vergleichend verwendet. Anstelle des tierischen oder Menschenhaares tritt hier eine Pernixkunstfaser. Sie hat, wie ich es in meinen Messungen erfahren konnte, einen großen Vorteil gegenüber dem Haarhygrometer. Er besteht darin, daß eine einmalige Einstellung auf 95 % mit einem feuchten Lappen genügt, um schneller und genauer zu messen als das Haarhygrometer.

Die vergleichende Meßgenauigkeit und gegenseitige Kontrolle soll folgende Tabelle II andeuten:

Zeichenerklärung für Tabelle II:

St.Nr.	= Stallnummer
Ps	= Psychrometer nach Assmann
Hr	= Hygrometer mit tierischem Haar
Px	= Hygrometer mit Pernix-Kunstfaser
D	= Meßwerte unter der Stalldecke
M	= Meßwerte 1 m über dem Stallboden
H	= Meßhöhe

T a b e l l e II

Vergleichende Luftfeuchtheitsmessungen in Rinderstallungen in % relativer
Feuchte

Nr.	H	Ps	Hr	Px	Nr.	H	Ps	Hr	Px	Nr.	H	Ps	Hr	Px	Nr.	H	Ps	Hr	Px
1	D 70	68	65		11	D 84	92	87		21	D 84	97	85		31	D 70	66	69	
	M 83	85	80			M 82	90	85			M 80	82	79			M 68	65	66	
2	D 83	85	84		12	D 72	63	68		22	D 76	80	74		32	D 90	90	89	
	M 84	85	82			M 74	65	67			M 73	74	72			M 86	88	87	
3	D 58	65	60		13	D 74	78	76		23	D 69	71	68		33	D 89	90	88	
	M 63	70	65			M 72	75	75			M 70	73	70			M 85	90	85	
4	D 79	83	85		14	D 68	65	70		24	D 77	79	75		34	D 74	79	75	
	M 88	93	87			M 66	64	65			M 76	82	74			M 77	79	78	
5	D 87	90	88		15	D 88	93	90		25	D 79	78	78		35	D 80	78	79	
	M 85	87	88			M 90	94	92			M 77	80	76			M 78	79	79	
6	D 67	70	68		16	D 75	76	77		26	D 79	84	79		36	D 85	92	86	
	M 79	81	82			M 74	78	75			M 76	82	78			M 80	82	84	
7	D 73	72	70		17	D 80	82	82		27	D 93	95	92		37	D 85	90	81	
	M 70	74	73			M 76	70	74			M 91	95	90			M 83	84	78	
8	D 79	82	80		18	D 70	65	72		28	D 88	82	86		38	D 82	85	82	
	M 78	80	79			M 68	62	69			M 85	80	83			M 83	85	83	
9	D 78	84	81		19	D 88	92	89		29	D 78	90	78		39	D 66	72	68	
	M 76	80	75			M 82	88	84			M 72	75	70			M 64	67	65	
10	D 82	89	84		20	D 68	66	67		30	D 82	78	84		40	D 74	79	75	
	M 76	75	77			M 65	64	65			M 76	73	78			M 70	74	72	

Die in der Tabelle II aufgeführten Stallungen sind wahllos herausgegriffen und nach keinerlei Gesichtspunkten geordnet. Wenn man nun die einzelnen Feuchtigkeitsgrade betrachtet und die Meßwerte des Psychrometers den Hygrometern zugrunde legt, so kann man feststellen:

Die Ergebnisse des Pernix-Hygrometers kommen den Werten des Psychrometers näher als die des Haarhygrometers. Die Differenzen erstrecken sich bei Pernix - Psychrometer bis 4 %, in einem Fall bis 6 %, bei Haarhygrometer - Psychrometer bis zu 8 %, in einem Fall bis 13 % relative Feuchte.

Der verhältnismäßig hohe Feuchtigkeitsgehalt vieler Stallungen ist ganz besonders den sprunghaften Außentemperaturen zuzuschreiben. Wie die Wetterkarten (Skizze 2, 6) für Februar und März zeigen, war es für die Jahreszeit zu warm. Zu rasche Tageserwärmung mit folgenden Gewittern und Schneefällen führten sogar im April auch in Tallagen zu einer geschlossenen Schneedecke. Kräftige Sonneneinstrahlung zwischen 10.30 und 14.30 Uhr am folgenden Tag ließ die Luftfeuchtigkeit der Außenluft gewaltig ansteigen. So ist es auch zu erklären, daß sehr gut geführte Ställe relative Luftfeuchtwerte von 85 % und darüber aufweisen. Solche und ähnliche Klimafaktoren sind es, die den Tierhaltern, den Tieren und ihren Stallungen dauernd zu schaffen machen.

IV. Stallhygienische Untersuchungen

Die Gehöfte meines Untersuchungsgebietes zeigen ohne Ausnahme die Form des oberbayerischen Bauernhauses, also das Einhaus, in dem sich alle Räume einschließlich Stall unter einem Dach befinden. Sie sind alle freistehend sowohl im Tal als auch an den Berghängen. Eine einheitliche Frontrichtung ist in dieser Gegend undenkbar, da jede Fläche Grünland eine notwendige Futtergrundlage darstellt. Jedoch konnte ich wiederholt eine Ostwestrichtung feststellen.

Das Material für das Mauerwerk besteht in den meisten Fällen aus einem Kalkstein, wie ihn die Berge der hiesigen Gegend in großen Mengen anbieten. Erst in der neueren Zeit wurden zusätzlich Ziegel, Sandstein und Hohlblocksteine mit verwendet. Der Gesamteindruck der Bauernhäuser und des Stalles ist als gut zu bezeichnen, da hier reine Vieh- und Milchwirtschaft herrscht und dies allein die Haupteinnahmequelle bedeutet. Der Landwirt kann also

seine ganze Arbeit auf die Tiere verwenden. Eine nicht zu unterschätzende Anregung zur Sauberkeit im Haus und Stall bringt der sehr rege Sommer- und Winterfremdenverkehr. Das Untersuchungsgebiet gehört mit zu den meist bereisten Gebieten des bayerischen Oberlandes.

Obwohl Holz jedem größeren Hof aus eigenem Wald mitunter in größeren Mengen zur Verfügung steht, sind Haus- und Stallmauern aus Stein gebaut. Offenstallungen, wie Z o r n (30) sie in seiner Arbeit erwähnt, waren hier nicht vorhanden, sie werden durch ausgiebigen Weidegang ersetzt.

Die Stallböden bestehen entweder aus Beton, hartgebrannten Ziegeln, vereinzelt noch aus Holzklotzpflaster. S t i e t e n r o t h (25) fand die Wärmeableitung von Stallböden aus Beton am größten. Ziegelböden dagegen schienen etwas günstiger, waren aber großen Schwankungen im Feuchtigkeitsgehalt unterworfen. Holzböden waren zu fußwarm und sind in hohem Maße unhygienisch. Hartgebrannte Ziegel mit Zementmörtel oder Asphalt verfugt, haben sich in Stallungen als sehr brauchbar erwiesen. D i n k h a u s e r (6) will wiederum nur Backstein, Hohlstein, Holzklotz und Harrizitpflaster. Bei meinen Untersuchungen fand ich in der Mehrzahl Betonböden mit Holzbelag am Stand, Ziegelböden am Standplatz mit betonierten und gefliesten Stallgassen.

Die Decken des Stalles bezeichnen manche Forscher als seine Lunge. Es gibt auch hier verschiedene Auffassungen und Meinungen über die günstige Beschaffenheit einer Decke. Die Stalldecke bleibt also eine der wichtigsten baulichen Faktoren der Stallhygiene. Im Untersuchungsgebiet sind eigentlich alle gebräuchlichen Stalldecken zu finden. Holzdecken, das sog. Schienen-Ziegel-Gewölbe, das böhmische Gewölbe und in Neubauten Massivdecken aus Ziegel- oder Bimsbetonsteinen. Dieser Anteil an Deckenarten wurde auch in den Arbeiten von M ü n s t e r e r (16), W e i s s (29) und F ä r b e r (8) erwähnt. Holzdecken werden in der Literatur immer wieder für den Wärmehaushalt des Stalles als hervorragend bezeichnet, wenn sich Rauhfutter über der Decke befindet. Sie werden jedoch nicht mehr gebaut und aus alten Ställen beim Umbau entfernt. Ich fand einen einzigen Stall Nr. 38, dessen Besitzer nach wie vor an der Holzdecke festhält, im Verein allerdings mit einem außerordentlich gut ziehenden Dunstkamin. Von Verschmutzung und Staub abgesehen, machte das Holzgebälk und die Decke einen trockenen und unverbrauchten Eindruck. D e u t s c h und L e h m e y e r (4) stellten fest, daß die Lüftung in Ställen mit Holzdecken besser als in solchen mit Steindecken ist. Von S y b e l und

O b e r (26) gaben der Holzdecke wegen ihrer Wärmedämmfähigkeit allen anderen Baumaterialien den Vorzug. Andere fanden in Stallungen mit Holzdecken die niedrigsten relativen Feuchtigkeitswerte und den geringsten Prozentsatz an Kohlensäure. D a h m e n (3) begnügt sich mit einer einfachen Bretterdecke, wenn sie gut gefugt ist und im Winter mit einer dicken Rauhfutterschicht bedeckt wird. Ihr Wärmeschutz und ihre Dunstsicherheit können durch einen Strohlehmboden erhöht werden.

Ob Massiv- oder Holzdecken zu verwenden sind, hängt wohl von einer zweckmäßigen Konstruktion, gutem Material und vor allem von ausreichender Durchlüftung ab.

Der Lüftung eines Stalles kommt die größte Bedeutung zu. Die Lüftung bestimmt weitgehend die Temperatur und Feuchtigkeit, so wie den Gehalt der Stallluft an Kohlensäure. Wie wichtig die Zufuhr frischer Luft und eine geregelte Abfuhr verbrauchter Luft notwendig ist, erklärt die Tatsache, daß z.B. 10 Kühe an einem Tag etwa 38 cbm Kohlensäure und 72 l Wasserdampf durch die Atmung an die Stallluft abgeben.

Bei der natürlichen Lüftung findet der Luftaustausch durch Mauerporen, Spalten und Fugen, ferner durch Ritzung in Türen und Fenstern statt. M ä r k e r (22) dagegen bezeichnet nur die Porenventilation als natürliche Lüftung. F r a n k (9) errechnete für Stallungen, in denen der Luftwechsel durch Poren und Ritzen stattfindet für den Winter einen $1 \frac{1}{2}$ maligen stündlichen Luftaustausch. Den Frischluftbedarf pro GVE je Stunde haben namhafte Autoren mit 40 - 60 cbm angegeben.

Bei einer Kubatur von 20 cbm/GVE muß die Luft in einer Stunde mindestens 2-3 mal erneuert werden. Da die Lüftung in den Wintermonaten durch Türen und Fenster nur sehr beschränkt sein kann, zwang die Erkenntnis dazu, durch besondere Einrichtungen eine ausreichende Ventilation zu schaffen.

Man ging zur künstlichen Lüftung über. T h ö t (27) gibt in seinen Arbeiten Beispiele für Lüftungen einzelner Haustierställe. Die Horizontal-lüftung benutzt den Wind als treibende Kraft, sie ist also von seiner Richtung und Stärke abhängig. T r a u b (28) fand bei horizontalen Wandluftkanälen nie eine ausreichende Lüftung. Unmittelbar nach außen führende Luftkanäle haben nach D a h m e n (3) den Nachteil, daß die kalte Luft direkt an der Wand hinabströmt und somit die Schwitzwasserbildung begünstigt.

Der Strömungsverlauf der Luft durch Wandlöcher, läßt die einströmende Luft direkt auf die Tiere herabfallen. Weitaus bessere Möglichkeiten bieten die Deckenventilationen. Siebold und Prah1 (23) verlangen von einer brauchbaren Lüftung, daß der Stall mit gleich vorgewärmter Frischluft siebartig durchsetzt werden soll. Diesen Forderungen entspricht die Siebsche Deckenventilation. Der Luftaustausch geschieht durch breite Kanäle, aus denen durch feine Schlitze die Frischluft eintreten kann. Ähnlich funktioniert das Lüftungssystem nach Schreider.

Im Untersuchungsgebiet fand ich keinen Fall von Horizontallüftung als einziges Entlüftungssystem. Hier sind in der Hauptsache Vertikallüftungen in die Ställe eingebaut, die 1,0 - 1,50 m über den Dachfirst hinausragen, Zorn (30) verlangt mindestens 1/2 Meter. Die Haupttriebkraft für dieses System ist das Temperaturgefälle zwischen Innen- und Außenluft. Das Funktionieren ist mit einem Schornstein zu vergleichen. Man unterscheidet Deckendunstschächte (Deckendunstkamin und Deckendunstschlot) und den Tiefluftschacht, dessen Öffnung nahe dem Stallboden liegt. Tiefdunstkamine sind im Untersuchungsgebiet nicht vorhanden, dagegen sind Deckendunstkamine in jedem größeren Stall zu finden.

Zweimal traf ich ein kombiniertes Lüftungssystem an. Hier findet sowohl die horizontale als auch die vertikale Lüftung ihre Anwendung. Die Kombination betraf in allen drei Fällen zwei Dunstkamine mit dicht unter der Decke liegenden Zuglöchern für die horizontale Lüftung. Die zugeführte Frischluft kam aber nicht direkt vom Freien in den Stall, sondern wurde aus über dem Stall befindlichen Vorratsräumen bezogen. Diese Ventilationsysteme funktionierten gut, das bestätigen auch meine Meßwerte.

Der entsprechende Luftraum pro Großvieheinheit wird, wie das Beispiel zeigt, von den einzelnen Wissenschaftlern sehr unterschiedlich verlangt:

Dahmen	Luftraum von 20 - 30 cbm/GVE		
Dinkhauser	"	"	15 - 20 cbm/GVE
Felix	"	"	14 - 15 cbm/GVE
Gerspach	"	"	25 cbm/GVE
Jentsch	"	"	17 - 20 cbm/GVE
Klimmer	"	"	20 - 30 cbm/GVE
Reller	"	"	20 cbm/GVE

Scheelhaase	Luftraum von 18 - 20 cbm/GVE		
Stietenroth	"	"	18 cbm/GVE
Wagener	"	"	20 - 25 cbm/GVE

Daraus geht hervor, daß in einem Stall mit guter Entlüftung der Raum pro Großvieheinheit kleiner gehalten werden kann, als in einem Stall ohne oder mit ungenügender Lüftung. Wenn man nun 15 cbm/GVE als untere Grenze annimmt und sie mit den Verhältnissen im Untersuchungsgebiet vergleicht, so entspricht die Stallbesetzung hier durchaus den Erfordernissen.

Die Türfläche von 0,5 qm/GVE soll nach Stietenroth (25) am zweckmäßigsten sein. Die Größenordnung wird wohl in den seltensten Fällen eingehalten werden können. Einmal ist es der Bauplatz, auf dem ein Gehöft steht oder stehen soll, der mit den räumlichen Verhältnissen wohl die Türgrößen und Zahl bestimmen wird, zum anderen würde ich die Vorteile bei Brandgefahr berücksichtigen, wobei durch genügend viele und große Türen das Vieh leichter ins Freie gebracht werden kann. Gut gefertigte Holztüren stellen zusätzlich noch eine gut ventilierende Fläche dar und können die Atmung des Stalles nur unterstützen.

Die Fenster haben die Aufgabe, genügend Licht in den Stall zu leiten und die Ventilation zu ergänzen. Die Forderung nach mehr einfallenden Sonnenstrahlen, d.h. ultravioletter Strahlung, wird nie ganz erfüllt werden können, da sogar in Ställen mit großer Fensterfläche, wie ich es beobachten konnte, nur ein Viertel der im Stall stehenden Tiere in den Genuß der direkten Sonnenbestrahlung kommen.

Rolle (20), Dahmen (3) und Siebold-Prahl (23) verlangen: 1/15 - 1/20 der Bodenfläche als Maßstab für die Belichtung eines Stalles.

Andere Autoren schlagen folgende Werte vor:

Felix	1/20 - 1/25
Scheelhaase	1/20
Schuppli	1/5 - 1/7

Im Untersuchungsgebiet wird 1/10 erreicht, da hier der alpine Baustil sowohl im Wohnhaus als auch im Stall verhältnismäßig kleine Fenster auf-

weist. In 100 Jahre alten Höfen sind die Fenster im Wohnhaus und Stall so klein, daß sie Ausmaße von 60 x 50 cm aufweisen.

Ein einwandfreier Jaucheabfluß trägt wesentlich zur Sauberkeit und guten Luftbeschaffenheit bei. S ü p f l e und H o f m a n n (24) weisen auf Zusammenhänge zwischen Jauchengruben und Seuchen hin. (Maul- und Klauen-seuche und Tuberkulose). Bei meinen Untersuchungen fand ich in jedem Falle breite Rinnen mit gutem Jaucheabfluß. Die Rinnen wurden bedeckt und offen angetroffen; bedeckte fand ich in der Regel dort, wo kurze Stände vorhanden waren oder der gesamte Viehbestand gerade ausgetrieben wurde. Jeder Betrieb hat Wasseranschluß im Stall und so werden hier wöchentlich die Rinnen- und Auflegebretter gesäubert.

Die Einstreu soll einen zu starken Wärmeentzug des Tierkörpers, aber auch ein Aufliegen verhindern und einen guten Dünger liefern. Im Alpenvorland wird jeder Winkel des Grünlandes mit Stallung belegt. Erstens gibt er der sehr dünnen Humusschicht wertvolle Mineralien, zweitens trägt guter Dünger in dieser Gegend zur Erhaltung der Tiefe der Humusschicht bei. Das Untersuchungsgebiet gehört zu den niederschlagsreichsten Gebieten des bayerischen Alpengebietes (Quellgebiet für die Münchner Wasserleitung). Als Einstreumittel werden in allen Stallungen Sägemehl und Torfmulle verwendet. Der Holzreichtum und das Torfvorkommen in großen Mengen rechtfertigen diese Einstreumittel.

Verschiedene Autoren machten vergleichende Untersuchungen über Eignung von Stroh, Torf-Stroh-Gemisch und Torf als Einstreumittel für Milchkühe. Sie fanden dabei, daß in Bezug auf die Sauberkeit der Tiere und Beschaffenheit der Milch, Torf- und Torf-Stroh-Gemisch besser geeignet sind als reine Strohstreu. Der Arbeitsaufwand im Stall wie auf der Dunggelage ist außerdem geringer und die Dungbeschaffenheit besser. Vereinzelt konnte ich in wirtschaftlich gut gestellten Betrieben kurz geschnittene Strohstreu gemischt mit Torf und Sägemehl beobachten. Umgekehrt fand ich in kleinen Stallungen regelmäßig sogenannte Waldstreu, also dürres Laub gemischt mit Nadelholzzweigen.

1. Stallungen ohne künstliche Lüftungseinrichtungen

Es sind in der Regel kleine Betriebe, deren Rinderzahl sich zwischen 8 und 12 Stück Großvieh bewegt. Ein Bild über die Luftverhältnisse und deren Meßergebnisse, solcher Stallungen im Untersuchungsgebiet gibt die Tabelle III. Eine Ausnahme bildet Stall Nr. 2 und Stall Nr. 33, der erstere hat 28 und der zweite 30 Tiere. Die Kubatur dieser Stallungen reicht von 100 cbm bis 550 cbm. Die gewünschten Werte für GVE/Raum zwischen 14 cbm und 30 cbm sind für diese Stallgruppe zutreffend, jedenfalls werden 14 cbm nicht unterschritten.

Das Material der Außenwände setzt sich bei allen Ställen aus Kalkstein und Ziegeln zusammen. Stall Nr. 33 als Neubau wurde aus Hohlblocksteinen und Sandsteinen gebaut. Holz- und Massivdecken halten sich die Waage. Die Stallböden dieser Rinderstallungen sind alle aus Stein oder betoniert bzw. zwei davon besitzen ein Holzklotzpflaster. Die Zahl der Fenster schwankt zwischen vier und acht und die der Türen nach außen zwischen zwei und drei pro Stall. Die Größen der Fenster sind im Durchschnitt 1,10 x 0,70 m, die kleinsten 0,70 x 0,60 m. Die Jaucherinnen liegen offen und der Abfluß endet in den meisten Fällen in eine dazu ausbetonierte Grube. Bedeckte Rinnen fand ich nur in Stall Nr. 46 und Nr. 51.

Über Krankheiten und Seuchen in dieser Stallgruppe ohne künstliche Ventilation wäre zu erwähnen: Stall 45 und 46 sind schwach bangverseucht, Stall 11 dagegen in hohem Maße. Diese drei Stallungen näher zu betrachten kann sehr aufschlußreich sein. Sie waren auffallend die schlechter geführten Betriebe dieser Untersuchungsgruppe. Stall 46 und 11 hatten Holzdecken, die bei Nr. 11 einen verschimmelten und heruntergewirtschafteten Eindruck machten. Bei beiden waren die Abdeckbretter der Rinne und der Standplatz unsauber und zum Teil verfault. Beide Ställe sind bangverseucht und bei beiden sind verhältnismäßig schlechte Untersuchungsergebnisse aus der Tabelle II zu entnehmen. Stall 45 dagegen ist ein sehr ordentlicher Betrieb, allerdings sind die Meßwerte keinenfalls zufriedenstellend. Der Stall 18 steht im Tuberkulosebekämpfungsverfahren und wird demnächst, wie mir die zuständigen staatlichen Stellen mitteilten, freigemacht.

Die Milchleistung dieser Betriebe liegt bei 2300 bis 3000 l pro Kuh, der Fettprozentgehalt schwankt zwischen 3,5 % bis 3,7 %.

Die Lüftung dieser Stallungen ist stärker abhängig vom Wetter und seinen Klimafaktoren. Man findet also in Tabelle III Werte, die den geforderten durchaus entsprechen würden. So z.B. Stall Nr. 12, 13, 16, 17, 18, 54 machten einen guten Gesamteindruck und waren sehr zufriedenstellend gelüftet. Die Erklärung liegt in der Witterung und dem damit verbundenen Öffnen von Fenstern und Türen. Das Gegenteil zeigt der Stall Nr. 51, Größe 295 cbm, besetzt mit 11 Rindern und 1 Pferd, also ein Luftraum von ungefähr 24 cbm pro GVE. Auf eine kalte Nacht folgten tagsüber Schneefälle, Türen und Fenster konnten nicht geöffnet werden, die Oberlichte wurden erst morgens aufgeklappt. Die Meßwerte liegen bei allen Instrumenten und in beiden Meßhöhen weit über den erstrebten Werten.

2. Stallungen mit künstlicher Ventilation

a) mit einem Dunstschacht

Diese Rinderstallungen vertreten sozusagen die mittleren Betriebe des Untersuchungsbetriebes. Die Viehbesetzung dieser Stallungen liegt zwischen 11 und 44 Stück Rindern, zusätzlich 1 - 2 Pferde pro Stall. Die Größe dieser Ställe beginnt bei 168 cbm und reicht bis 720 cbm. Auch in diesen Stallungen wurde der Raum pro GVE nicht unterschritten.

Das Baumaterial der Stallmauern war auch aus Stein und zwar bei den älteren Betrieben aus den in dieser Gegend vorkommenden Kalksteinen und gebrannten Ziegeln, bei 2 Neubauten konnte ich Hohlblockziegel feststellen. In dieser Gruppe befindet sich nur noch der Stall 38 mit Holzdecke, die Ställe Nr. 5, 27, 44 besitzen böhmisches Gewölbe, alle anderen haben Massivdecken. Die Stallgassen sind überall betoniert oder mit Steinen ausgelegt. Die Lüftung in diesen Rinderstallungen setzt sich wie bei den vorangegangenen aus der sogenannten natürlichen Lüftung, d.h. durch Fenster und Türen, und einem Dunstschacht zusammen. In vielen Stallungen erfüllte er nicht seine Aufgabe, denn er lag meistens ungünstig oder war im Durchmesser zu klein, so daß kein richtiger Zug zustande kam.

Die Fenstergröße lag im Durchschnitt bei 1,10 x 0,80 m und 70 % aller Fenster hatten Oberlicht, Klappen oder Kippfenster. Die allgemeine Stallhaltung war gut. Auch hier endete der Jaucheabfluß in allen untersuchten Betrieben in geräumigen und betonierten Gruben. Die Jaucherinnen sind z.T.

offen und die Standplätze der Tiere mit Brettern belegt.

Die Einstreu besteht aus einem Gemisch von Waldstreu, Sägemehl und Torf. Über Seuchen und Krankheiten dieser Gruppe wäre zu bemerken, daß zwei Betriebe auch hier mit Brucellose befallen sind. Es sind die Ställe 27, 44, die zum Unterschied der ersten Gruppe gut und sauber geführt wurden. Die Messungsergebnisse dieser beiden Stallungen sind nur im Stall 27 sehr schlecht. Dieser Stall zeigt zwar in Tabelle IV beim CO_2 -Gehalt erträgliche Ergebnisse, dagegen liegt die relative Feuchte bei keinem der drei Instrumente unter 90 %.

Die Milchleistung schwankt auch hier zwischen 2800 bis 3100 l bei einem Fettgehalt von 3,7 bis 4 %.

In dieser Untersuchungsgruppe sind die geforderten Werte der CO_2 - und Luftfeuchtheitsmessung, wenn man für CO_2 -Gehalt den Wert 0,2 % und für die Feuchtigkeit als Höchstgrenze 85 % zugrunde legt, vereinzelt überschritten worden. Bei insgesamt 17 Ställen mit einem Dunstkamin sind es 11 Stallungen (Nr. 4, 5, 9, 27, 30, 32, 37, 40, 41, 44, 53), die bei den Deckenmessungen die geforderten 0,2 % übersteigen. Dagegen wird der CO_2 -Gehalt der Stallluft in der Meßhöhe 1 m über dem Boden nur in 4 Fällen überschritten.

Bei den Ergebnissen der Luftfeuchte ist es günstiger, da in Meßhöhe der Decke der gewünschte Höchstprozentsatz von 85 % nur 6 mal (Stall-Nr. 5, 15, 27, 32, 37, 53) überschritten und bei 1 m über dem Boden nur 4 mal erreicht wurde oder darüber lag. Die Stallungen 5, 15, 27, 32 hatten in beiden Meßhöhen zu hohe Feuchtigkeits- und CO_2 -Werte, es lag aber nicht etwa an einer schlechten Stallhaltung, sondern diese Ställe wurden in den frühen Morgenstunden besucht, die einer kalten und niederschlagsreichen Nacht vorausgingen. Andererseits zeigen diese Fälle, daß ein Dunstkamin bei starker Besetzung und großem Luftverbrauch zur Ventilation nicht immer ausreicht.

Tabelle IV
Stallungen mit einem Dünstschacht

CO ₂ -Gehalt					relative Luftfeuchte						
Nr.	P	G	P	G	Nr.	Ps	Hr	Px	Ps	Hr	Px
	M		D			M			D		
4	0,170	0,25	0,225	0,30	4	80	93	87	79	83	85
5	0,195	0,25	0,217	0,30	5	85	87	88	87	90	88
9	0,125	0,15	0,205	0,30	9	76	80	75	78	84	81
15	0,117	0,20	0,150	0,20	15	90	94	92	88	93	92
23	0,087	0,10	0,125	0,12	23	70	73	70	69	71	68
27	0,220	0,25	0,237	0,35	27	91	93	90	93	95	92
30	0,235	0,35	0,237	0,30	30	76	73	78	82	78	84
32	0,230	0,25	0,237	0,40	32	86	88	87	90	90	89
37	0,195	0,20	0,235	0,25	37	83	84	78	85	90	81
38	0,200	0,25	0,195	0,20	38	83	85	83	82	85	82
40	0,197	0,20	0,205	0,25	40	70	74	72	74	79	75
41	0,125	0,15	0,205	0,25	41	72	75	71	80	75	81
44	0,200	0,23	0,210	0,25	44	78	75	77	82	80	84
47	0,095	0,15	0,115	0,20	47	58	62	56	64	60	62
50	0,127	0,20	0,155	0,20	50	72	80	73	76	86	76
53	0,230	0,25	0,232	0,25	53	82	80	81	86	87	86
55	0,112	0,16	0,152	0,18	55	72	65	71	78	68	76

Zeichenerklärung s. Tabelle III

b) mit 2 Dunstschächten

Diese Gruppe der Rinderstallungen zählt hier im Untersuchungsgebiet zu den großen Betrieben. Die Größe der Stallungen liegt nicht unter 300 cbm und reicht bis 1200 cbm. Die Viehstückzahl der kleinsten Höfe beträgt 26, die der größten 60 Stück Rinder.

Das Baumaterial war bei allen Kalkstein und Ziegel. Die Decken wechseln zwischen bömischem Gewölbe, Eisenschienen-Ziegelgewölbe und Massivdecken. Holzdecken waren in dieser Untersuchungsgruppe nicht mehr zu finden.

In diesen Stallungen sah man große Fenster mit und ohne abklappbare Oberlichte. Die Abflußrinnen waren auch zum Teil bedeckt und führten alle in eine gemauerte oder ausbetonierte Jauchegrube.

Der Pflegezustand der Tiere war sehr gut. Die Einstreu bestand in großem Maße ebenfalls aus Sägemehl und Torf, doch wird in den wirtschaftlich gut gestellten Betrieben laufend kurz geschnittenes Stroh eingestreut.

Seuchenhafte Krankheiten waren in diesen zum Teil vorbildlich geführten Bauernhöfen nicht vorhanden. Die Ställe Nr. 24, 26 standen zur Zeit meiner Untersuchungen noch in der Tuberkulosebekämpfung und werden bis zum heutigen Datum wahrscheinlich schon als tuberkulosefreie Betriebe geführt werden.

Die Lüftung durch zwei Kamine ist in den meisten dieser Stallungen unbedingt notwendig, da sie sehr stark besetzt sind. Wenn man das wechselhafte Wetter in die Beurteilung der Tabelle V zieht, so kann man feststellen, daß die Lüftung in diesen Rinderstallungen durchaus befriedigt.

Die Milchleistung liegt zwischen 3000 und 3500 l, der Fettgehalt schwankt zwischen 3,7 - 4 %.

Ich möchte nun auch für diese Gruppe die oben angeführten Höchstmaße, also für CO_2 0,2 % und 85 % für die Luftfeuchtigkeit als Ausgangspunkt wählen. Dabei kann man an den CO_2 -Messungsergebnissen feststellen, daß in Meßhöhe 2 m über dem Boden der geforderte Wert bei den Ställen 25, 26, 36, 43 4 mal nicht vorlag, bei Deckenmessungen in den Stallungen 3, 25, 26, 36, 43 sogar 5 mal überzogen wurde. Werden die gleichen Betrachtungen auf die Luftfeuchte-Psychrometerwerte bezogen, kann man sehr erfreuliche Ergebnisse finden. In 1 m über dem Boden liegt der Höchstwert bei 80 % und dicht unter der Decke wird 85 % nur einmal im Stall 36 erreicht und sonst in keinem Fall mehr überschritten.

Stellt man einen Vergleich mit der vorhergehenden Untersuchungsgruppe an, die ebenfalls in manchen Stallungen mit 40 Rindern belegt war, so kommt man zu dem Schluß, daß in so stark besetzten Ställen ein zweiter Dunstkamin ratsam wäre.

T a b e l l e V

Stallungen mit zwei Dunstschächten

CO ₂ - Gehalt					relative Luftfeuchte							
Nr.	P	G	P	G	Nr.	Ps	Hr	Px	Ps	Hr	Px	
	M		D			M			D			
3	0,195	0,20	0,205	0,25	3	63	70	65	50	65	60	
7	0,085	0,10	0,115	0,10	7	70	74	73	73	72	70	
8	0,187	0,23	0,195	0,25	8	78	80	79	79	82	80	
14	0,125	0,15	0,115	0,12	14	66	64	65	68	65	70	
21	0,065	0,07	0,120	0,125	21	80	82	79	84	97	85	
24	0,097	0,10	0,150	0,12	24	76	82	74	77	79	75	
26	0,250	0,30	0,350	0,45	26	76	82	78	79	84	79	
31	0,095	0,10	0,097	0,12	31	68	65	66	70	66	69	
34	0,162	0,17	0,195	0,20	34	77	79	78	74	79	75	
35	0,135	0,15	0,140	0,15	35	78	76	79	80	78	79	
36	0,217	0,20	0,232	0,25	36	80	82	84	85	92	86	
39	0,127	0,15	0,130	0,15	39	64	67	65	66	72	68	
43	0,215	0,25	0,237	0,30	43	64	68	65	75	72	74	
49	0,162	0,20	0,190	0,25	49	76	78	75	79	84	80	
52	0,095	0,15	0,192	0,20	52	65	62	63	66	64	66	

Zeichenerklärung s. Tabelle III

c) Stallungen mit kombinierter Ventilation

Zwei Stallungen hatten kombinierte Lüftungseinrichtungen, d.h. also eine Vertikallüftung mit zwei Dunstschächten und einer Horizontallüftung. Es waren mit die größten und modernst eingerichteten Betriebe. Stall Nr. 1 mit einem Rauminhalt von 680 cbm war mit 42 Rindern und 2 Pferden belegt. Der Stall Nr. 42 hatte die Ausmaße von 1200 cbm und war mit 50 Rindern und 3 Pferden besetzt.

Die Anzahl der Fenster im Stall Nr. 1 betrug 11 und ihre Größenmaße waren 2,40 x 1,15 m, beim Stall 42 sah ich 9 Fenster mit 2 m x 0,80 m. Das Baumaterial war bei beiden Kalkstein mit Ziegeln und Hohlblocksteine. Die Stallplätze und Stallgassen waren mit Ziegeln ausgelegt, offene Jauchegräben leiten die Exkremente in gut gebaute Abwässergruben.

Die allgemeine Stallhaltung war vorbildlich, guter Pflegezustand der Tiere und allgemeine Sauberkeit im Stall fielen sofort beim Eintreten auf. In beiden Höfen wurden elektrische Melkmaschinen angewendet und beide Ställe sind staatlich anerkannte tuberkulosefreie Betriebe.

Die Milchleistung von Stall Nr. 1 liegt bei 300 l und einem Fettgehalt von 3,9 %, die von Stall Nr. 42 bei 3400 l und 4 %.

Die Ergebnisse der Kohlensäure- und Luftfeuchtemessungen sind für beide Stallungen aus Tabelle VI zu ersehen.

T a b e l l e VI

Stallungen mit kombiniertem Lüftungssystem

Nr.	CO ₂ -Gehalt			
	P	G	P	G
	M		D	
1	0,125	0,15	0,100	0,15
42	0,197	0,18	0,150	0,10

Nr.	relative Luftfeuchte					
	Ps	Hr	Px	Ps	Hr	Px
	M			D		
1	83	85	80	70	68	65
42	66	69	56	59	64	58

Zeichenerklärung s. Tabelle III

Neben durchaus guten Ergebnissen, fällt auf, daß die CO_2 - und Feuchtigkeitswerte bei 1 m über dem Erdboden höher liegen als an der Decke. Die Erklärung liegt beim kombinierten Lüftungssystem, das die verbrauchte Luft schneller abführt und meiner Ansicht nach die ideale Lüftungseinrichtung für große Betriebe darstellt.

Zusammenfassung

1. Es wurden am Alpenrand des Kreises Miesbach in 55 Rinderstallungen vergleichende Untersuchungen der Stallluft und Lüftungsverhältnisse gemacht und dabei die allgemeine Stallhygiene berücksichtigt.
2. Eine Beschreibung des Untersuchungsgebietes wurde gegeben und auf sein Landschaftsbild und die klimatischen Verhältnisse hingewiesen.
3. Zur Ermittlung des Stallklimas wurde die Temperatur, der CO_2 -Gehalt und die Luftfeuchtigkeit 1 m über dem Boden und dicht unter der Decke in Stallmitte gemessen.
4. Die Untersuchungen des Kohlensäuregehaltes wurden vergleichend mit der P e t t e n k o f e r 'schen Methode und einem Gasspürgerät der Firma D r ä g e r - Lübeck, Modell 31/19, ausgeführt. Einerseits sollten die Messwerte Aufschluß geben über die hier herrschenden Lüftungsverhältnisse, andererseits sollte an Hand der schon erprobten Pettenkoferschen Flaschenmethode das Gasprüfgerät Dräger für den Gebrauch in der Veterinärmedizin geprüft werden.
5. Die Ergebnisse beider Methoden haben gezeigt, daß sich die Meßwerte sehr nahe kommen, und daß außerdem dem Gasprüfgerät Dräger in der Zukunft bei Reihmessungen Bedeutung zukommen dürfte. Eine genaue und bessere Unterteilung im Anzeigebereich von 0 - 0,5 % am Prüfröhrchen, müßte das Gasspürgerät zu dem CO_2 -Meßinstrument der praktischen Stallluftbeurteilung machen.
6. Für die Beurteilung der Luftfeuchte im Stall kamen das Psychrometer nach A s s m a n n, ein Haarhygrometer und ein Hygrometer mit einer Pernix-Kunstfaser zur Anwendung. Die Untersuchungsergebnisse haben gezeigt, daß die Werte des Pernixkunstfaserhygrometers dem Psychrometerwerten sehr nahe kommen. Danach ist dem Pernixkunstfaserhygrometer gegenüber dem Haarhygrometer der Vorrang zu geben.
7. Wie sehr die Wetterlage das Stallklima beeinflußt, sollen die Werte der einzelnen graphischen Darstellungen des Aussenklimas zum Ausdruck bringen. Sie zeigen auf, wie schwierig es für den Landwirt im Untersuchungsgebiet ist, eine gewünschte Stallluft zu erhalten.

8. Ungefähr ein Drittel aller besuchten Gehöfte besitzen eine künstliche Lüftung, es sind die Betriebe mit 8 - 12 Stück Rindern, Höfe mit 25 - 30 Stück Großvieh haben mindestens einen Dunstkamin. In zwei großen vorbildlichen gebauten Betrieben war ein kombiniertes Lüftungssystem zu finden. Stellt man nun die Ställe ohne künstliche Ventilation denen mit einer Ventilation ausgestatteten Betrieben gegenüber, so findet man eine Abnahme des CO_2 - und Luftfeuchtigkeitsgehaltes zur kombinierten Ventilation hin.
9. Alle untersuchten Stallungen haben Kalkstein, Ziegel- und Hohlblocksteine in ihren Umfassungsmauern. Holzdecken fanden sich noch vereinzelt in den kleineren Betrieben, nur Stall 38 von den größeren Betrieben hatte eine Holzdecke mit einem gut funktionierenden Dunstschacht. In den großen Betrieben wechselte das Böhmische- mit dem Eisenschienen-Ziegelgewölbe und Massivdecken. Die Fenster und ihre Bauart, mit und ohne Oberlichte, reichen von Ausmaßen wie $0,70 \times 0,60$ bis $2,0 \times 0,60$ m und werden von der Größe der Stallbesetzung und dem Alter des Betriebes bestimmt.
10. Die bangverseuchten Ställe wurden bewußt erst nach Beendigung der Messungen beim zuständigen Herrn Kreisveterinärrat erfragt. Es ist auffallend, daß von allen aufgesuchten Stallungen gerade sie die schlechtesten waren.
11. Aus allen gefundenen CO_2 - und Luftfeuchtigkeitswerten der Stallluft ist zu entnehmen, daß sie durchaus den Anforderungen vieler Autoren entsprechen. Ebenso verhält es sich mit der allgemeinen Stallhaltung. Da, wie schon früher erwähnt, dieses Gebiet stark vom Fremdenverkehr überlaufen ist und jeder Bauernhof alljährlich seine Stammgäste beherbergt, so kommt dieser Tatsache eine große Bedeutung in der Beurteilung der Sauberkeit in Haus und Stall zu.

Literaturverzeichnis

- 1) Brooks: Der Einfluß der Umgebungstemperatur auf den prozentischen Fettgehalt der Kuhmilch
Zchtgskd. 1, (1926) H. 9
- 2) Cords-Parchim: Der gesunde Stall. Wärmeschutz und Belüftung der Viehställe.
Verl. des Druckhauses Tempelhof, Berlin 1947
- 3) Dahmen: Lehrbuch d. Vet. Hygiene, Verl. P. Parey, Berlin 1941
- 4) Deutsch: Untersuchungen über den Einfluß der Bauart der Stallungen und die Prüfung des Stallbetriebes auf die Beschaffenheit der Stallluft, Diss. München 1928
- 5) Dice: Der Einfluß der Stalltemperatur auf die Leistung und den Futterbedarf der Milchkühe
Zchtgskd. (1940)
- 6) Dinkhauser: Der zweckmäßige Rindviehstall,
Zchtgskd. (1928) 26.
- 7) Dräger: Prospekt 19-5/6, 6. Aufl. April 1956
- 8) Färber: Viehhaltung und Stallverhältnisse im bayerischen Wald, Diss. München 1951
- 9) Frank: Untersuchungen der Stallluft und Lüftungseinrichtungen in Stallungen des Landkreises Kulmbach (Ofr.)
Diss. München 1951
- 10) Fuhrmann: Beitrag zur Bestimmung des Stallklimas (Versuche mit dem Kata-Thermometer in Rd.-Stallungen), Diss. Zürich 1944
- 11) Großkopf: Gewerbehygienische Luftanalyse am Arbeitsplatz. Sonderdruck aus "Dechema" Monographien Bd. 27 (1956)
- 12) Lehmeier: Untersuchungen über den CO_2 - und Wasserdampfgehalt der Stallluft. Diss. München 1927
- 13) Meißner: Der Einfluß der Ventilation auf die Stallluft, Zchtgskd. (1931)

- 14) Mießner-Schoop: Vet. Hygiene, mit Anleitung für die hygienischen Übungen.
Verl. Schaper Hannover 1935
- 15) Müller: Hygiene, Lehrbuch, Verl. Urban-Schwarzenberg, Berlin-München 1949
- Liebig,
Dumas
Wiegner-Duerst
Wolpert
Zitate aus (15)
- 16) Münsterer: Untersuchungen über Lüftungsverhältnisse in Rinder- und Schweinestallungen,
Diss. München 1953
- 17) Nussbag: Hygiene der Haustiere, Lehrbuch,
Verlag Hirzel, Leipzig 1954
- 18) Ober: Stallluft mit oder ohne Abluftschacht?
Mitteilung der Bayer. Landesanstalt f. Tierzucht in Grub, Heft 7/8
- 19) Oettel: Die maximale Arbeitsplatzkonzentration schädlicher Gase, Dämpfe und Staube.
Sonderdruck aus Heft 2 der Ztschr. "Die Berufsgenossenschaft" Febr. 1954
- 20) Rolle: Vet. Hygiene, Manuskript 1949
- 21) Roots-Haupt-Hartwich: Vet. Hygiene, Lehrbuch
Verlag Paul Parey, Berlin-Hamburg 1955
- 22) Schulze-Märker: Über den CO_2 -Gehalt der Stallluft und den Luftwechsel in Stallungen.
Journal für Landwirtschaft Bd. 17 1869
- 23) Siebold und Prahl: Stallbau im Bauernbetrieb,
Verlag Parey, Berlin 1939
- 24) Süpfle, Hoffmann: Eine vereinfachte Methodik zur quantitativen Bestimmung von CO_2 , NH_3 und H_2S in der Luft bewohnter Räume,
Archiv für Hygiene 98/1927
- 25) Stietenroth: Hygienische und wärmewirtschaftliche Forderungen beim Stallbau und Stallbetrieb,
Landw. Jahrb. Bd. 79, 1934
- 26) von Sybel-Ober: Klimatisierung der Viehställe
BMTW 42/3

- 27) Thöt: Ein Beitrag zur Lüftung der Haustierställe
Diss. Giessen 1954
- 28) Traub: Hygienische Untersuchungen in Tierställen unter
besonderer Berücksichtigung der Stallluft.
Zeitsch. f. Infek. Krankh. Bd. 45
- 29) Weiß: Stallhygienische Verhältnisse während des Sommers
in Betrieben ohne Weidegang.
Untersuchungen im Bezirk Fürstenfeldbruck
Diss. München 1953
- 30) Zörn: Stallverbesserung und Stallneubau
Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart 1953

Am Ende meiner Arbeit ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. A. M e y n für die Überlassung des Themas und für die jederzeit gewährte Unterstützung meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Besonderen Dank möchte ich hiermit auch Herrn Priv. Doz. Dr. H. K a l i c h aussprechen, der mir stets ein unermüdlicher und liebenswürdiger Ratgeber war.

Lebenslauf

Ich wurde am 16. 1. 1923 in Troppau, Sudetenl. geboren. Nach 5 klassiger Volksschule besuchte ich das human. Gymnasium der Stadt und erhielt Anfang 1942 die Reife zugesprochen. Nach Wehrdienst und Gefangenschaft begann ich mein Studium mit dem Sommersemester 1947 an der theol. phil. Hochschule in Passau, wechselte dann zum Sommersemester 1948 an die tiermedizinische Fakultät der Universität München über und legte die tierärztliche Prüfung im August 1952 an dieser Fakultät ab. Nach Ableistung der Praktikantenzeit erhielt ich die Approbation und arbeitete anschließend in der Klein- und Großtierpraxis sowie Fleischbeschau.

CHAPTER I

The first part of the book is devoted to a general survey of the subject. It begins with a definition of the term "philosophy" and then proceeds to a discussion of the various branches of the subject. The author then discusses the history of philosophy, from the ancient Greeks to the modern era. He then discusses the various methods of philosophy, from the deductive method to the inductive method. Finally, he discusses the various schools of thought, from the Stoics to the modern philosophers.

